

宁南山区利用柠条枝栽培香菇技术可行性研究

马俊^{1,2}, 李鸣雷^{1,3}, 赵世伟^{1,3}, 沈彤^{1,2}, 苏彦尹^{1,2}

(1.中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2.中国科学院大学, 北京 100049; 3.西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:为了探究宁南山区柠条枝作为香菇代料栽培基质的可行性,以 78%苹果木为对照,柠条枝 39%、苹果木 39% 进行柠条枝代料栽培香菇的初步探究,对于不同处理的香菇菌丝生长、子实体发育以及营养成分状况进行了测定与分析。结果表明:加入 39%的柠条枝后菌丝生长速率降低 0.88 mm/d,转色天数延长 12 d,生育期延长 35 d,基本实现全年生产;单棒产量与生物学效率不存在显著差异,表明所选柠条枝配方对于香菇子实体发育无显著影响;营养成分中,干物质、粗纤维、必需氨基酸以及部分矿物质元素含量降低,其中粗纤维含量与陕西传统栽培基质所产香菇不存在显著差异,脂肪、氨基酸总量以及鲜味氨基酸含量增加,重金属含量均低于国家相关标准,其他营养成分差异均不显著。该研究表明,宁南山区可进行香菇反季节栽培,柠条作为香菇产业的替代性资源具有可行性。由于香菇部分养分含量降低,适宜添加比例还需进一步探究。

关键词:宁南山区; 柠条枝; 香菇; 栽培

中图分类号:S646.12

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)06-0377-05

Feasibility Study on Cultivation of *Lentinula edodes* with *Caragana korshinskii* Branch in the Hilly Area of Southern Ningxia

MA Jun^{1,2}, LI Minglei^{1,3}, ZHAO Shiwei^{1,3}, SHEN Tong^{1,2}, SU Yanyin^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to explore the feasibility of *Caragana korshinskii* branch as a substrate for the cultivation of *Lentinula edodes*, a preliminary study on the cultivation of *Lentinula edodes* with 78% apple wood as a control, 39% *Caragana korshinskii* branch and 39% apple wood was carried. The mycelial growth, fruiting body development and nutrient composition status of *Lentinula edodes* produced by different treatments were measured and analyzed. The results showed that the growth rate of mycelium decreased by 0.88 mm/d after adding 39% of *Caragana korshinskii* branch and the color change days extended by 12 days, the growth period extended by 35 days and the annual production was basically achieved; the yield and biological efficiency of single sticks was no significant difference, indicating that the selected *Caragana korshinskii* branch formula had no significant effect on the development of *Lentinus edodes* fruit body; the contents of crude fiber, magnesium, essential amino acids and some mineral elements reduced; the content of crude fiber was not significantly different from the mushrooms produced in Shaanxi traditional cultivation substrate; the fat, total and umami amino acid increased; the contents of heavy metals were lower than the relevant national standards, and the differences of other nutrients were not significant. This study shows that anti-season cultivation of *Lentinula edodes* can be carried out in the hilly area of southern Ningxia and *Caragana korshinskii* is feasible as an alternative resource for *Lentinus edodes* production. Due to the reduced nutrient content of *Lentinus edodes*, the appropriate addition ratio needs further investigation.

收稿日期:2020-06-09

修回日期:2020-07-27

资助项目:宁夏回族自治区农业综合开发办公室;宁夏回族自治区农业科技发展计划项目(NXKJ-2017~01;NXKJ-2018~018)

第一作者:马俊(1995—),女,河南安阳人,硕士,主要从事柠条生物资源利用的研究工作。E-mail:1182803952@qq.com

通信作者:赵世伟(1962—),男,四川自贡人,研究员,主要从事黄土高原小流域综合治理与生物资源利用等方面的研究。E-mail:swzhao@ms.iswc.ac.cn

李鸣雷(1967—),男,陕西靖边人,副研究员,主要从事食用菌与农林废弃物资源化利用研究工作。E-mail:mlli@nwsuaf.edu.cn

Keywords: hilly area of southern Ningxia; *Caragana korshinskii* branch; *Lentinus edodes*; cultivation

干旱少雨、植被覆盖度低长期制约着宁夏回族自治区经济发展与生态建设。自 20 世纪 80—90 年代起,退耕还林还草工程陆续在我国西北部展开,取得了辉煌的成就,宁夏是唯一全境列入工程的省区,经过 30 多年的建设,生态条件得到改善,荒漠化程度减轻,实现了黄土高原的绿色新生。柠条(*Caragana korshinskii* Kom)为水土保持的先锋植物,适应性很强,既耐寒又抗高温,能抵御−30~−40℃的低温,抗热极限可达 48~49℃,极耐干旱,在含水率为 4.08%的沙壤土中年均生长量可达 67 cm^[1],在“三北”防护林中种植面积较大,具有很大的生态价值。宁夏南部山区是全国有名的“三西”贫困地区之一,9 个县(区)均为国家级扶贫开发工作重点县,该地区沟壑纵横、产业单一,粮食生产为当地居民重要的收入来源^[2],因此,丰富当地产业结构迫在眉睫。柠条在宁南山区表现出极大适应性,成林面积达 700 万 hm²,3~5 a 需平茬一次,每 1 000 m²柠条种植区域可产生 0.5 t 平茬枝条,平均每年大约有 300 万 t 柠条枝需要处理^[3],资源量丰富。目前,柠条的经济价值主要为以下几个方面:饲料、造纸板的生产原料、薪柴取暖以及园艺栽培基质^[4-5]。当地对于平茬枝条主要用于牲畜的补充饲料,但由于柠条木质化较快,利用效率较低^[6]。

香菇(*Lentinus edodes* (Berk.)sing)为侧耳科香蕈子实体,营养成分丰富^[7-9],相比于经济作物种植,香菇栽培需水量较少,易于管理且经济效益更高。已有研究将柠条用于白灵菇、平菇、金针菇、黑木耳和玉皇菇的栽培^[10-13],但作为香菇栽培基质研究较少^[14]。宁南山区香菇代料栽培的硬杂木需要外购,运费较高,很难形成产业,因此,考虑将该地区广泛种植的柠条与木屑混合作为香菇代料栽培基质,降低成本,提高经济效益。本文以柠条枝作为香菇栽培基质,进行农艺性状、营养成分分析,对柠条枝作为香菇栽培基质的可行性进行探究,让柠条在发挥水土保持和生态功能的同时产生经济效益,服务地方经济发展,为宁南山区柠条的循环利用和新型生态产业培育、践行“两山理论”提供新途径和技术依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于宁固原市原州区河川乡上黄村,属于温带大陆性气候,海拔 1 320~2 928 m,春季和夏初雨量偏少,灾害性天气较多,年平均日照时数 2 518.2 h,

年平均气温为 6.1℃,年平均降水量 492.2 mm,年蒸发量 1 753.2 mm,无霜期 152 d,绝对无霜期 83 d。该地区夏季日均温 23℃,且昼夜温差较大,香菇为变温结实类真菌,以春、秋栽为多,西北部分地区可进行反季节栽培。此地区夏季气温较低,反季节栽培展现出极大的优势,合理转化丰富的柠条资源促进当地经济的发展成为目前的一个研究重点。

1.2 材料

1.2.1 菌种 供试香菇菌株为 L808,由西北农林科技大学食用菌研究室提供。

1.2.2 试验培养料 试验所用柠条枝均采集于宁夏固原,采集时间为 2017 年 7 月,苹果木屑购自于礼泉县食用菌合作社,麸皮、糖与石膏购自于市场。柠条枝营养成分含量丰富,检验表明粗纤维含量为 48.5%,粗蛋白 10.5%,氨基酸 7.6%,苹果木粗纤维含量为 77.1%,粗蛋白 2.6%,氨基酸 2.0%。

1.2.3 菌种培养基 母种培养基:PDA 培养基马铃薯(去皮)200 g,蔗糖 20 g,琼脂 20 g,水 1 000 ml;原种以及栽培种培养基:锯木屑(苹果木)78%,麸皮 20%,糖 1%,石膏 1%。

1.3 试验设计

1.3.1 栽培培养基 粗纤维是植物细胞壁的主要组成成分,包括纤维素、半纤维素、木质素及角质等成分,可作为香菇生长碳源。柠条枝中粗纤维含量低于苹果木,苹果木主要为香菇栽培提供碳源,陈黄翌等^[15]以棉杆屑栽培香菇,基质中纤维素、半纤维素、木质素含量 65.3%较为适宜,根据苹果木与柠条养分对比,以 78%苹果木(处理 A)作为对照,39%柠条枝、39%苹果木(处理 B)进行香菇栽培的初步探究。处理 A 与处理 B 均栽培于宁南山区固原市,香菇为反季节栽培,3 月份开始香菇栽培相关工作,处理 C 在陕西杨陵进行代料栽培,与处理 B 培养基质相同,4 月份开始相关工作,处理详见表 1。

表 1 试验培养基的配方 %

处理	柠条枝	苹果木	麸皮	石膏	石灰	含水率
A	39	39	20	1	1	60
B	0	78	20	1	1	60
C	0	78	20	1	1	60

1.3.2 栽培方法 柠条枝与苹果木进行机械粉碎、预湿,按照表 1 原料相关的添加比例拌料、装袋、灭菌,冷却 24~48 h 后接种,采用打穴接种,打 3 个接种穴,打一穴接一穴。栽培袋采用规格为宽 15 cm、长 55 cm、厚 0.005 cm 的折角聚乙烯筒袋,湿料重量

为 2.5~2.6 kg/袋,每个处理规模为 200 棒,在菇棚中完成菌丝生长、转色以及出菇的相关工作。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 菌丝生长状况 菌丝生长期间菇棚湿度应控制在 70%以下。在此期间记录菌丝长势,3 个处理均选取 10 个菌袋记录菌丝满袋天数,计算菌丝生长速率。

1.4.2 香菇产量以及生物转化率 菌棒转色期间菇棚保持湿度在 70%~80%,出菇时期保持湿度 85%~90%。产量均为菌棒出菇三茬进行计算,3 个处理均任选 10 个菌棒进行记录。

生物学效率= $\frac{m_1}{m_2} \times 100\%$

式中: m_1 为香菇单棒产量鲜重; m_2 为菌棒干重。

1.4.3 香菇品质测定 在香菇尚未完全开伞时进行采收,于 60℃烘干至恒重之后进行养分测定。养分测定方法包括:灰分按照 GB5009.4—2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》进行测定;脂肪按照 GB5009.6—2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》测定;粗纤维按照 GB5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》标准测定;粗蛋白按照 GB/T15673—2009《食用菌中粗蛋白含量的测定》标准测定;氨基酸按照 GB5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》测定。矿物质元素以及重金属按照 GB5009.268—2016《食品安全国家标准食品中多元素的测定》标准测定。

氨基酸评分(AAS)= $\frac{m_3}{m_4} \times 100$

式中: m_3 为样品蛋白质中氨基酸含量; m_4 为 FAO/WHO 评分标准模式中相应必需氨基酸含量。

1.5 数据分析

数据均使用 SPSS 22.0 分析软件中的单因素方差分析进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理香菇菌丝生长状况

不同处理香菇菌丝生长情况结果见表 2,由表 2 可以看出,所选香菇菌株的菌丝在 3 个不同处理之间均生长良好且可正常转色,菌丝色泽、形态不存在差异。在宁南山区香菇栽培试验中,柠条枝培养基香菇菌丝密度劣于苹果木培养基,满袋天数延长 20 d,生长速率降低 14%,转色天数延长 12 d;宁南山区与陕西苹果木培养基对比试验中,陕西栽培香菇菌丝长满天数减少 58 d,生长速率较快,所需转色天数延长 30 d。可能与柠条物理性质与温度有关,柠条纤维较长,粉碎后颗粒小于苹果木,栽培袋内空隙变小,菌丝生长速率变慢;陕西 4—5 月份日均温在 20℃,更接近

于香菇菌丝适宜温度,生长速率较快,菌棒转色期间为 7 月份,日均温超过 28℃,转色较慢。

表 2 不同处理菌丝生长状况

处理	菌丝长势			菌丝长 满天数/d	菌丝生长速率/ (mm·d ⁻¹)	转色 天数/d
	色泽	密度	形态			
A	洁白	++	粗壮	140a	1.07c	72b
B	洁白	+++	粗壮	120b	1.25b	60c
C	洁白	+++	粗壮	62c	2.42a	90a

注:++,+++表示菌丝密度变大,附不同小写字母者表示差异显著($p<0.05$),附相同字母者表示差异不显著($p>0.05$),下表同。

2.2 不同处理香菇子实体产量

香菇生育期的长短与栽培基质密切相关^[16],所选香菇菌株在 3 个处理中均可形成子实体,生长状况见表 3。由表 3 可以看出,在宁南山区相同的栽培条件下,柠条枝与苹果木培养基出菇天数、单棒产量与生物学效率不存在显著差异,生育期延长 35 d,固原香菇栽培工作于 3 月份开始,生育期延长对于来年香菇栽培未产生影响,且基本实现全年栽培;宁南山区与陕西苹果木培养基对比试验中,出菇天数、生育期、单棒产量与生物学效率均不存在显著差异,子实体产量与生物学效率是表明栽培方式是否可以推广的重要指标,表明宁南山区可进行香菇的反季节栽培。

表 3 不同处理香菇子实体生长状况

处理	出菇 天数/d	生育期/ d	单棒产量/ (kg/棒)	生物学 效率/%
A	123a	335a	0.91a	58.2a
B	120a	300b	1.00a	64.0a
C	118a	308b	0.99a	63.1a

2.3 香菇营养成分

2.3.1 基本成分含量 对于 3 个处理栽培所得的香菇进行了养分测定,基本成分包括干物质、灰分、脂肪、粗蛋白以及粗纤维(表 4)。由表 4 可知,在宁南山区相同的栽培条件下,柠条枝培养基所产香菇干物质、粗纤维含量低于苹果木培养基,脂肪含量高于苹果木培养基,差异均显著,灰分与粗蛋白含量不存在显著差异;宁南山区与陕西苹果木培养基对比试验中,宁南山区所产香菇干物质低于陕西,脂肪与粗纤维含量高于陕西苹果木基质所产香菇,灰分与粗蛋白含量不存在显著差异。

表 4 不同处理香菇基本成分 %

处理	干物质	灰分	脂肪	粗蛋白	粗纤维
A	91.7c	5.2a	3.5a	24.1a	15.9b
B	94.3a	5.1a	3.1b	24.6a	18.6a
C	92.8b	5.3a	2.6c	24.1a	13.8b

2.3.2 水解氨基酸组成与含量 不同处理香菇子实

体水解氨基酸组成与含量见表 5。由表 5 可知,柠条枝培养基所产香菇氨基酸与鲜味氨基酸含量最高,分别为 20.04%,6.22%,从人体必需氨基酸来看,陕西苹果木培养基所产香菇含量最高,为 6.94%。所测香菇样本必须氨基酸含量为 6.4%~7.0%,必需氨基酸与氨基酸总量(E/T)的比值均大于 0.3,与非必须氨基酸总量的比值(E/N)均大于 0.45,根据 FAO/WHO 蛋白质氨基酸组成较优为 E/T 达到 0.4,E/N 在 0.6 以上^[17],表明必需氨基酸种类齐全,含量丰富,苹果木基质所栽培香菇更接近于理想蛋白模式。加入柠条枝栽培的香菇人体必需氨基酸含量降低,氨基酸总量与鲜味氨基酸含量增加。采用氨基酸评分的方法对于 3 个香菇蛋白质含量进行综合评价^[18],结果表明香菇样本的第一限制氨基酸均为亮氨酸,3 个处理氨基酸评分分别为 60,59,67,处理 C 最接近于 100(表 6)。加入柠条枝栽培的香菇氨基酸评分高于苹果木栽培香菇,陕西苹果木栽培的香菇评分最高。

表 5 不同处理香菇水解氨基酸含量 %			
处理	A	B	C
氨基酸总量 TAA	20.04	19.51	19.88
人体必需氨基酸 EAA	6.45	6.86	6.94
人体非必需氨基酸 NEAA	13.59	12.65	12.94
E/T	0.32	0.35	0.35
E/N	0.47	0.53	0.54
鲜味氨基酸 DAA	6.22	5.11	5.07
天冬氨酸 Asp	1.55	1.63	1.64
苏氨酸* Thr	0.85	0.89	0.91
丝氨酸 Ser	0.84	0.90	0.92
谷氨酸 Glu	4.67	3.48	3.43
脯氨酸 Pro	1.54	1.58	1.65
甘氨酸 Gly	0.80	0.81	0.83
丙氨酸 Ala	0.87	1.05	1.12
胱氨酸 Cys	2.01	1.94	1.99
缬氨酸* Val	1.72	1.81	1.74
蛋氨酸* Met	0.21	0.23	0.25
异亮氨酸* Ile	0.60	0.65	0.67
亮氨酸* Leu	1.02	1.10	1.15
酪氨酸 Tyr	0.33	0.32	0.40
苯丙氨酸* Phe	0.65	0.67	0.70
赖氨酸* Lys	1.01	1.11	1.12
组氨酸* His	0.39	0.40	0.40
精氨酸 Arg	0.99	0.95	0.98

注:* 表示必需氨基酸,鲜味氨基酸=天冬氨酸+谷氨酸。

2.3.3 矿物质以及重金属含量 不同处理香菇子实

体中矿物质与重金属元素含量见表 7。由表 7 可得,在宁南山区相同栽培条件下,柠条枝培养基所产香菇子实体中镁、铁和锌的含量低于苹果木培养基,钙与钾含量与其不存在显著差异;宁南山区与陕西苹果木培养基对比试验中,宁南山区苹果木培养基所产香菇钙含量低于陕西,镁、铁、锌与钾含量均不存在显著差异。对于 3 个处理所产香菇进行了重金属含量测定,包括铅、汞、镉以及铬。重金属含量标准采用的是 GB 2762—2017,铅、汞、镉采用的是食用菌的相关标准,分别为 1.0,0.1,0.5 mg/kg,铬因食用菌未标明相关标准,故采用的是蔬菜标准,为 0.5 mg/kg,铅的检出界限为0.02 mg/kg,—表示未检出。结果表明,3 个处理所产香菇重金属含量均符合国家相关食品标准。

表 6 氨基酸评分				
处理	A	B	C	FAO/ WHO 模式
异亮氨酸 Ile	25	26	28	40
亮氨酸 Leu	42	41	47	70
蛋氨酸和胱氨酸 Met+Cys	92	88	93	35
苯丙氨酸与酪氨酸 Phe+Tyr	41	40	46	60
苏氨酸 Thr	35	36	38	40
缬氨酸 Val	71	74	72	50
赖氨酸 Lys	42	45	46	55
氨基酸评分 AAS	60	59	67	—

表 7 不同处理香菇矿物质元素含量 mg/kg			
处理	A	B	C
钙 Ca	436.3a	427.1a	284.6b
镁 Mg	1129.8b	1309.1a	1253.5a
铁 Fe	49.4b	103.6a	90.2a
锌 Zn	57.2b	77.1a	70.3a
钾 K	21971.5a	18905.7a	20434.9a
铅 Pb	—	—	0.780
汞 Hg	0.004	0.001	0.002
镉 Cd	0.170	0.180	0.370
铬 Cr	0.052	0.330	0.170

3 讨论

由于当前香菇栽培规模的扩大,阔叶林树木资源紧缺,香菇栽培原料价格上涨,缓解菌林矛盾,拓宽香菇栽培原料来源成为研究的一个重要方向,柴美清等^[19]以杂木、桑木、苹果木和枣木为栽培基质,研究不同栽培基质对香菇生长发育的影响,结果表明香菇菌丝在 4 种果木基质上均能生长,可以使用桑木和枣木代替传统的阔叶木木屑;胡润芳等^[20]利用大豆秸

秆作为香菇代料栽培基质,结果表明大豆秸秆可替代麸皮,子实体产量与经济效益相当,添加比例为 35%可以替代传统硬杂木;蒋德俊等^[21]以香根草为香菇代料栽培基质,对于菌丝生长、产量以及成本进行了分析,结果表明香根草屑 70%、木屑 19%、麦麸 10%、石膏 1%配方为最佳产量增加,经济效益最高。与宁南山区相比,陕西夏季温度较高,虽辅助于风扇、水帘降温,仍有部分菌棒出现“烧菌”现象,固原夏季日均温为 23℃,只需菇棚通风口即可,不需要辅助降温设备,且该地区昼夜温差较大,适宜于变温结实类食用菌生长。相对于农作物与蔬菜种植,香菇经济效益更高,需水量更少,适宜于宁南山区较为干旱的环境。

4 结 论

柠条中富含香菇生长过程中所需的碳源粗纤维以及氮源粗蛋白、氨基酸,可以作为香菇代料栽培的基质;宁南山区与陕西苹果木栽培基质产量、生物学效率不存在显著差异,营养成分干物质、脂肪、粗纤维与钙含量显著增加,氨基酸总量与必需氨基酸含量略有降低,表明宁南山区可进行香菇的反季节栽培;以 39%柠条枝、39%苹果木进行柠条枝代料栽培香菇的初步探究,结果表明加入柠条枝进行栽培后菌丝生长与转色天数延长,生育期延长为 335 d,基本实现了全年栽培,产量与生物学效率与苹果木培养基处于同一显著水平;在香菇品质方面,干物质、粗纤维、必需氨基酸以及部分矿物质元素含量降低,脂肪、氨基酸总量、鲜味氨基酸、氨基酸评分增加,重金属含量均低于国家安全标准,其他养分不存在显著差异,表明柠条枝可作为香菇栽培基质,由于部分香菇养分低于传统培养基质,柠条适宜添加比例还需进一步探究。宁南山区柠条资源丰富且容易获取,降低了香菇生产成本,同时反季节栽培提高了经济收益,在此地区发展香菇产业前景广阔,可以让柠条在发挥生态作用的同时产生经济价值,服务于地方产业经济发展、振兴乡村企业,帮助当地脱贫致富。

参考文献:

[1] 牛西午.柠条生物学特性研究[J].华北农学报,1998,13(4):123-130.

[2] 崔勇,马自清,田恩平.20 年来宁夏中南部山区农业生产

发展分析[J].作物杂志,2019(2):28-38.

[3] 李鸣雷,赵世伟.宁南地区利用柠条资源开展食用菌栽培前景广阔[J].食用菌,2017,39(3):1-2,7.

[4] 高登义.柠条的栽培与利用[J].草与畜杂志,1991(4):23-24.

[5] 曲继松,张丽娟,冯海萍,等.生物质资源柠条在宁夏地区园艺基质栽培上的开发利用现状[J].北方园艺,2013(23):198-201.

[6] 孙晓一,汤青,徐勇,等.宁南山区特色农业发展模式探讨[J].水土保持研究,2013,20(2):181-185,311.

[7] 刘晓,闫语婷.香菇的营养价值及综合利用现状与前景[J].食品工业,2017,38(3):207-210.

[8] 何永,伍玉明,高红东,等.香菇营养成分研究进展[J].现代农业科技,2010(23):140-141.

[9] 王贺祥,刘庆洪.食用菌栽培学[M].北京:中国农业大学出版社,2014:87-88.

[10] 杨玉画,李彩萍,聂建军,等.晋北高寒区柠条与玉米芯栽培白灵菇技术研究[J].中国食用菌,2011,30(4):29-31.

[11] 任桂梅,延志莲.柠条栽培平菇研究初报[J].食用菌,1995(6):21.

[12] 王海燕,孙国琴,庞杰,等.柠条粉栽培平菇的配方筛选[J].中国食用菌,2017,36(5):49-51.

[13] 刘秉儒,宋乃平,苏建宇,等.以柠条为主要基质栽培食用菌的配方筛选研究[J].北方园艺,2012(24):168-170.

[14] 杨士锋,张健,刘军鹏,等.应用灰色关联度法筛选香菇栽培料中柠条屑添加量[J].食用菌学报,2017,24(2):10-14.

[15] 陈黄翌,蔡英丽,边银丙.棉秆屑代料栽培秋季香菇初探[J].食用菌学报,2013,20(2):20-24.

[16] 杨杰,萧晋川,刘欣,李毅,张勇.枣木屑栽培香菇的对比研究[J].中国食用菌,2018,37(06):36-39.

[17] 余昌霞,赵妍,陈明杰,等.利用不同培养料栽培的草菇子实体挥发性风味成分分析[J].食用菌学报,2019,26(2):37-44.

[18] 王宏雨,张迪,肖冬来,等.3 种鲜销香菇子实体蛋白质营养价值评价[J].中国食用菌,2019,38(1):35-37.

[19] 柴美清,李青,韩鹏远,等.不同栽培基质对香菇头潮菇产量及子实体营养成分的影响[J].中国农学通报,2017,33(15):76-79.

[20] 胡润芳,张玉梅,陈伟,等.大豆秸秆代料栽培香菇试验[J].东南园艺,2017,5(2):13-15.

[21] 蒋德俊,陈燕,聂天南.香根草代料栽培优质香菇的配方试验[J].食药食用菌,2011,19(4):33-35.