

# 不同栽培基质对羊肚菌产量和营养成分的影响

沈彤<sup>1,2</sup>, 杜军<sup>4</sup>, 李鸣雷<sup>1,3</sup>, 赵世伟<sup>1,3</sup>, 马俊<sup>1,2</sup>, 秦文龙<sup>3</sup>

(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; 4.固原市原州区水务局, 宁夏 固原 756000)

**摘要:** [目的] 研究不同栽培基质对羊肚菌子实体产量和营养成分的影响, 为宁南山区羊肚菌实用栽培技术应用提供科学依据。[方法] 设置生土和表土为对照组, 以生土+羊粪(比例3:1)、生土+香菇菌糠(比例3:1)为试验组栽培羊肚菌, 对其子实体产量、农艺性状和营养成分的含量进行测定。[结果] 香菇菌糠处理组出菇密度最大且产量最高(2500 kg/hm<sup>2</sup>), 同时在菌柄直径、菌柄长度、菌盖直径和单菇重量上均有显著优势。香菇菌糠处理组子实体水分(18.56 g/100 g)和粗纤维含量(35.65 g/100 g)最高, 粗多糖、粗脂肪含量较低, 必需氨基酸含量(3.46%)和呈味氨基酸含量(2.76%)最高。[结论] 在栽培基质中添加香菇菌糠栽培羊肚菌有利于提高羊肚菌子实体的产量和营养价值。

**关键词:** 宁南山区; 羊肚菌; 栽培基质; 产量; 氨基酸

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-288X(2021)03-0187-06

**中图分类号:** S646.7

**文献参数:** 沈彤, 杜军, 李鸣雷, 等. 不同栽培基质对羊肚菌产量和营养成分的影响[J]. 水土保持通报, 2021, 41(3): 187-192. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20210527.002; Shen Tong, Du Jun, Li Minglei, et al. Effects of different soil substrates on yield and nutrient composition of *Morchella* [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(3): 187-192.

## Effects of Different Soil Substrates on Yield and Nutrient Composition of *Morchella*

Shen Tong<sup>1,2</sup>, Du Jun<sup>4</sup>, Li Minglei<sup>1,3</sup>, Zhao Shiwei<sup>1,3</sup>, Ma Jun<sup>1,2</sup>, Qin Wenlong<sup>3</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. College of Natural

Resources and Environment, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi

712100, China; 4. Water Affairs Bureau of Yuanzhou District, Guyuan City, Guyuan, Ningxia 756000, China)

**Abstract:** [Objective] The effects of different soil substrates on the yield and nutritional components of *Morchella* fruiting bodies were studied in order to provide the practical cultivation techniques of *Morchella* in the mountainous area of Southern Ningxia Hui Autonomous Region. [Methods] Three soil treatments were used to cultivate *Morchella* and to determine effects on fruit body yield: ① raw soil and top soil (control group), ② raw soil + sheep manure (ratio 3:1), and ③ raw soil + shiitake mushroom residue (ratio 3:1). Agronomic traits and nutrient content were determined. [Results] The mushroom residue treatment group had the highest fruiting density and the highest yield (2 500 kg/hm<sup>2</sup>). There were significant advantages in stipe diameter, stipe length, cap diameter, and single mushroom weight with this treatment. The water content (18.56 g/100 g) and crude fiber content (35.65 g/100 g) of the fruit body was highest for the mushroom residue treatment. The contents of crude polysaccharides and crude fat were lower for this treatment, and the contents of essential amino acids (3.46%) and of flavored amino acids (2.76%) were highest. [Conclusion] The addition of lentinus edodes chaff to the cultivation of *Morchella* was beneficial for increasing

收稿日期: 2021-01-29

修回日期: 2021-03-02

资助项目: 宁夏回族自治区农业科技发展计划项目“宁南山区利用农林废弃物资源栽培食用菌技术”(NXKJ-2017-01, NXKJ-2018-018); 陕西省农业科技创新驱动项目(NYKJ-2020-YL-17)

第一作者: 沈彤(1995—), 女(汉族), 宁夏回族自治区银川市人, 硕士研究生, 研究方向为食用菌栽培技术。Email: 2835811743@qq.com。

通讯作者: 赵世伟(1962—), 男(汉族), 四川省自贡市人, 博士, 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研究。Email: szzhao@ms.iswc.ac.cn。

the yield and nutritional value of *Morchella* fruiting bodies.

**Keywords:** hilly area in Southern Ningxia Hui Autonomous Region; *Morchella*; cultivation substrate; yield; amino acid

宁夏回族自治区南部山区(简称宁南山区)是宁夏主要贫困地区,气候干旱、水土流失严重、耕地肥力下降,阻碍了当地以传统农耕生产为主的农业发展,农村产业结构单一,群众生活贫困<sup>[1]</sup>。但是宁南山区光能资源丰富,气候温凉,病虫害少,为发展食用菌产业提供了得天独厚的气候条件。20世纪90年代后期,食用菌栽培开始在宁南山区得到推广,经过多年发展,食用菌生产已成为该区域农民收入的重要来源<sup>[2]</sup>。近年来宁南山区利用日光温室栽培香菇平菇等食用菌得到一定发展,显著增加了农民收入。但是总体上食用菌品种单一,栽培技术尚不成熟。宁南山区具有发展食用菌产业的优越气候条件和丰富的生态资源。在新时代背景下,按照“绿水青山就是金山银山”的理念,推动区域生态保护和高质量发展,针对当地食用菌栽培品种单一、产业规模小、当地优势资源未有效利用的现状,利用农业废弃资源,转变生产方式,提升科技含量,增加农民收入。同时在宁南山区发展食用菌产业,促进农业系统耦合,建立资源再利用的绿色农业发展模式,对于水土流失区的综合治理和乡村振兴具有重要意义。

羊肚菌是大型真菌中特别是子囊菌中最重要、最著名、最可口的食用蕈菌<sup>[3-4]</sup>,具有重要的营养价值、药用价值和经济价值<sup>[5-7]</sup>,同时具有保质期长、生物学效率高、耐低温能力强等优点,适合冬季低温栽培<sup>[8]</sup>,并可与其他农作物搭配进行轮作栽培,构建周年栽培模式<sup>[9-11]</sup>。中国羊肚菌栽培研究拥有较长的历史,华中农业大学杨新美等于20世纪50年代便提出了羊肚菌的半人工栽培技术及相关的理论基础<sup>[12]</sup>。随着羊肚菌室外栽培营养添加技术的应用与推广,羊肚菌生产逐渐实现规模化种植,种植面积持续增加。目前宁南山区缺乏羊肚菌的优良品种和因地制宜的栽培技术,而且,香菇、平菇栽培产生了大量的菌糠等农业废弃物。本研究就地取材将香菇菌糠和羊粪添加作为栽

培羊肚菌的栽培基质配方,以期探索适合宁南山区羊肚菌的栽培技术,为宁南山区产业脱贫和绿色生态循环农业发展模式提供科学依据和实践指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

研究区位于宁夏回族自治区固原市原州区河川乡上黄村(该区地理位置为东经106°27′34.43″,北纬36°01′32.31″,海拔1581~1733 m),属泾河水水系支流小川河的支流。该地区位于黄土高原丘陵沟壑区,属于半干旱中温带向暖温带过渡季风气候区,年均气温6.9℃,年均降水量400 mm,干燥度1.5~2.0,无霜期150 d,总面积约为8.0 km<sup>2</sup>。该区域为农牧交错生态类型区,土壤侵蚀、退化及水土流失较为严重,其由小川河分为两部分,东部为梁状丘陵,地形起伏较大;西部自东向西依次为台、坪、梁地形,土壤主要类型是黄土母质上发育的黄绵土,具有土层深厚、质地匀一、轻且多孔、疏松绵软、透水透气,易于耕作的特征。自20世纪80年代起,该地区实施了大面积的退耕还林还草工程,生态环境逐渐得到改善,90年代末被列为退耕还林还草的重点示范区。本试验在日光温室大棚进行。

### 1.2 试验材料

1.2.1 供试菌种 羊肚菌菌种选用六妹羊肚菌(*Morchella sextelata*),菌种由陕西省微生物研究所提供。

1.2.2 培养基质 ①母种培养基:PDA培养基(去皮马铃薯200 g,葡萄糖20 g,琼脂20 g,水1 000 ml)。②原种与栽培种配方:杂木屑74%,麸皮20%,KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>1%,MgSO<sub>4</sub>1%,羊肚菌基脚土1%,石膏1%,石灰1%,Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>21%。③外源营养袋配方:麦粒95%,谷壳3%,石灰1%,石膏1%。

1.2.3 菌床材料 菌床材料及其性质如表1所示。

表 1 栽培基质基本性质

材 料	pH 值	有机质/ (g · kg <sup>-1</sup> )	全 N/ (g · kg <sup>-1</sup> )	碱解 N/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	速效 P/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	速效 K/ (mg · kg <sup>-1</sup> )
生 土	7.63	10.08	0.87	25.11	1.77	144.26
表 土	7.54	16.00	1.07	30.03	3.65	220.47
羊 粪	7.85	46.7%	20.78	—	—	—
香菇菌糠	4.55	79.86%	—	990.86	2.992	—

注:生土指的是从未种植过农作物的土壤;表土指的是种植过蔬菜等农作物的土壤;供试羊粪指的是碾碎后的羊粪;香菇菌糠是取自当地香菇出菇结束后菌棒粉碎而成,未发酵。

### 1.3 试验设计

1.3.1 试验处理 本试验共设置4组处理,分别为:CK<sub>1</sub>(不添加任何物质的生土),CK<sub>2</sub>(不添加任何物质的表层土),M<sub>1</sub>(生土+羊粪)(3:1),M<sub>2</sub>(生土+香菇菌糠)(3:1)作为栽培基质配方栽培羊肚菌,试验小区面积为3 m×3 m,每个处理设置8个重复。

#### 1.3.2 栽培方法

(1) 菌种准备。按配方比例称好原料后将杂木屑、麸皮、羊肚菌基脚土、石灰、石膏等混合均匀,将拌好的培养料装入食用菌专用瓶,上端用封口料封口。再将培养料在121℃高温高压灭菌60 min。待灭菌后的培养料温度降低后,取蚕豆大小供试二级菌种接入到培养料中,最后将接种好的培养料瓶置于恒温培养箱23℃恒温黑暗培养,等菌核长满即可。2019年10月进行栽培种的制备,2019年11月底完成菌种准备。

(2) 整地与播种。2019年11月进行整地。土壤在阳光下暴晒至半干,将羊粪,香菇菌糠均匀拌入土壤。2019年11月底完成播种,播种方式采用撒播的方式,播种量为0.4 kg/m<sup>2</sup>,播种后进行覆土,覆土厚度为5 cm,覆土后在畦面、走道上覆盖1层黑色薄膜。2019年12月初进行外援营养袋的摆放。播种10 d后出现大量“菌霜”,第11 d摆放外援营养袋,营养袋用量为每个样方30袋,摆放方式为平放,摆放间距60 cm,摆放前用刀片划开营养袋,开口处接触土面。

(3) 养菌管理。出菇期间保持菇房干净、通风,保持土壤湿润(田间最大持水量的70%~80%),采用微喷装置进行水分管理。2019年12月至2020年3月为养菌期,2020年2月底当地气温逐渐回升,当日最高气温达到10℃以上时,逐渐出现原基。

(4) 出菇及采收。2020年3月中至2020年4月初,原基生长为羊肚菌子实体。4月初开始第一次采摘,当子实体颜色变深、最先形成的几个菇稍倾斜时,及时采收。每天早晨、中午、下午各采摘1次。

#### 1.4 测定项目与方法

1.4.1 羊肚菌子实体农艺性状测定 采收时,用游标卡尺(分辨率:0.02 mm,上海九量五金工具有限公司制造)测量子实体的菌柄直径、菌柄长、菌盖直径和菌盖厚度,记录子实体数量,用电子天平(型号:CP114,奥豪斯仪器有限公司制造)称量产量,单菇重。本试验共历时140 d,共采收2次。使用的数据为收获至第1,2潮全部子实体,采收间隔时间为一周,2020年4月中完成采收。

1.4.2 主要营养成分测定 在羊肚菌成熟期采收样品,采用鲜样进行各指标的测定。水分的测定参照GB 5009.3-2010进行测定。粗多糖的测定参照NY/T1676-2008测定。粗蛋白的测定参照GB 5009.5-

2016标准中的凯氏定氮法测定。粗纤维的测定按照GB/T 5009.10-2003标准测定。粗脂肪的测定参照GB 5009.6-2016标准中的酸水解法测定。

1.4.3 氨基酸含量测定 称取固体样品0.1 g加入水解管中,加入1:1的分析纯盐酸(约6 mol/L)4 ml,氮吹仪吹氮气15 min后封管。将封管的样品置烘箱中110℃水解22~24 h后,取出冷却开管。样品定容至50 ml。准确吸取定容后的样品1 ml,置氮吹仪上脱酸。温度60℃,脱至干燥。加入0.02 mol/L盐酸溶液旋涡器上混匀,过0.22 μm过滤小柱,样品液用日立L-8 900全自动氨基酸分析仪(上海辉世仪器设备有限公司)测定。

#### 1.5 数据分析

采用Microsoft Excel 2013和SPSS 18.0软件(IBM)进行数据整理和分析,农艺性状试验数据均用平均值±标准误来表示,不同基质处理下子实体的生物(氨基酸)性状采用单因素方差分析(one-way ANOVA),多重比较采用Duncan比较法,在0.05水平上进行差异显著性检测。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培基质对羊肚菌子实体产量及农艺性状的影响

各处理与对照组差异性分析,其中香菇菌糠处理组的出菇密度和产量均最高(表2)。不同处理下子实体产量由高到低依次为:M<sub>2</sub>(2 500 kg/hm<sup>2</sup>)>M<sub>1</sub>(958 kg/hm<sup>2</sup>)>CK<sub>2</sub>(458 kg/hm<sup>2</sup>)>CK<sub>1</sub>(333 kg/hm<sup>2</sup>),一般认为羊肚菌单产2 250 kg/hm<sup>2</sup>为达标<sup>[13]</sup>,4个处理中,只有香菇菌糠处理组可以达到正常产量。羊粪处理组子实体的各项农艺性状指标均优于生土对照组和表土对照组,但整体表现不如香菇菌糠处理组。表土对照组的子实体在菌盖直径和鲜菇重量上低于生土对照组,说明表土不利于菌盖生长,子实体个头小,单菇重量小,但出菇密度和产量明显高于生土对照组。香菇菌糠处理组子实体个头最大,且含水量最多。香菇菌糠处理组的子实体农艺性状各项指标明显优于其他三组处理结果,且差异性显著。综上,不同处理下子实体农艺性状指标数据由高到低依次为:M<sub>2</sub>>M<sub>1</sub>>CK<sub>2</sub>>CK<sub>1</sub>。

### 2.2 不同栽培基质对羊肚菌主要营养成分的影响

子实体主要营养成分中,粗蛋白和粗纤维的含量较高(表3)。各营养成分含量因栽培基质不同表现出较大差异,其中羊粪处理组子实体的粗蛋白含量最高,为29.73 g/100 g,比空白对照高出47.6%;粗纤维含量最低,为20.76 g/100 g。表土对照组子实体粗

脂肪含量最高,为 5.99 g/100 g,水分含量最低,为 7.11 g/100 g,比空白对照组下降了 55.48%。香菇菌糠处理组子实体粗蛋白含量最低,为 17.06 g/100 g,比生土对照组下降 15.3%;粗脂肪含量最低,为 4.87 g/100 g,比生土对照组下降了 15.89%。水分含量最高,为 18.56 g/100 g。

表 2 不同栽培基质对羊肚菌子实体农艺性状的影响

指标	栽培基质			
	CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
菌柄直径/cm	1.45±0.26 <sup>a</sup>	1.45±0.31 <sup>a</sup>	1.78±0.49 <sup>ab</sup>	2.28±0.51 <sup>b</sup>
菌柄长/cm	3.68±0.36 <sup>a</sup>	4.2±0.48 <sup>a</sup>	3.98±1.03 <sup>a</sup>	4.93±0.74 <sup>b</sup>
菌盖直径/cm	2.1±0.29 <sup>a</sup>	1.8±0.82 <sup>a</sup>	2.8±0.51 <sup>b</sup>	2.85±0.58 <sup>b</sup>
单菇鲜重/g	17.41±8.47 <sup>a</sup>	12.19±2.56 <sup>a</sup>	25.81±5.91 <sup>b</sup>	29.77±10.66 <sup>b</sup>
单菇干重/g	4.04±1.05 <sup>a</sup>	4.31±1.03 <sup>a</sup>	5.28±0.54 <sup>b</sup>	7.51±1.13 <sup>c</sup>
出菇密度	++	++	+++	++++
折合产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	330	458	958	2 500

注:①同行数据后的不同小写字母表示差异显著( $n=3, p<0.05$ );②++出菇密度一般,+++出菇密度较大,++++出菇密度大。③CK<sub>1</sub>为不添加任何物质的生土;CK<sub>2</sub>为不添加任何物质的表层土;M<sub>1</sub>为生土+羊粪(3:1);M<sub>2</sub>为生土+香菇菌糠(3:1)。下同。

表 3 不同栽培基质对羊肚菌子实体主要营养成分含量的影响

g/100 g

营养成分	不同栽培基质时各种营养成分含量			
	CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
粗多糖	7.59±0.32 <sup>c</sup>	5.71±0.18 <sup>b</sup>	5.11±0.79 <sup>ab</sup>	4.71±0.18 <sup>a</sup>
粗蛋白	20.14±1.48 <sup>ab</sup>	23.93±4.22 <sup>b</sup>	29.73±1.41 <sup>c</sup>	17.06±1.86 <sup>a</sup>
粗脂肪	5.79±0.39 <sup>b</sup>	5.99±0.19 <sup>b</sup>	5.62±0.21 <sup>b</sup>	4.87±0.43 <sup>a</sup>
粗纤维	25.73±2.35 <sup>b</sup>	25.51±3.11 <sup>b</sup>	20.76±1.57 <sup>a</sup>	35.65±2.18 <sup>c</sup>
水分	15.97±6.64 <sup>b</sup>	7.11±1.27 <sup>a</sup>	17.97±2.26 <sup>b</sup>	18.56±7.39 <sup>b</sup>

### 2.3 不同栽培基质对羊肚菌子实体氨基酸组成及含量的影响

所测得的 17 种氨基酸中,羊肚菌子实体氨基酸含量最高是谷氨酸(Glu),谷氨酸即是鲜味氨基酸和也是用氨基酸,谷氨酸是呈鲜味的特征氨基酸,因而羊肚菌具有独特的鲜味。羊粪和香菇菌糠处理组子实体中谷氨酸含量高于其他两个对照组,分别比生土对照组高出 5.06%和 7.46%。4 个处理组子实体氨基酸总量由高到低依次为:M<sub>2</sub>>CK<sub>2</sub>>M<sub>1</sub>>CK<sub>1</sub>,人体必需氨基酸含量由高到低依次为:M<sub>2</sub>>CK<sub>2</sub>>M<sub>1</sub>>CK<sub>1</sub>(见表 4)。香菇菌糠处理组子实体氨基酸总量和人体必需氨基酸含量显著优于其他组。

### 2.4 羊肚菌子实体呈味氨基酸含量

呈味氨基酸包括鲜味氨基酸、甜味氨基酸和苦味氨基酸,其中鲜味氨基酸和甜味氨基酸主要影响羊肚菌鲜甜的口味,鲜味和甜味氨基酸含量越高,就可以抑制苦味氨基酸的苦涩口味。4 个不同组中鲜味氨基酸含量由高到低依次为:M<sub>1</sub>>CK<sub>2</sub>>M<sub>2</sub>>CK<sub>1</sub>,甜味氨基酸含量由高到低依次为:M<sub>2</sub>>M<sub>1</sub>>CK<sub>1</sub>>CK<sub>2</sub>,苦味氨基酸含量由高到低依次为:M<sub>2</sub>>M<sub>1</sub>>CK<sub>2</sub>>CK<sub>1</sub>;鲜味和甜味氨基酸含量处理组高于生土对照组,说明改变栽培基质有利于增加羊肚菌鲜甜的口味;但苦味氨基酸含量处理组均高于生土对照组,

说明改变栽培基质增加子实体鲜甜口味的同时也增加了羊肚菌苦涩的味道(见表 5)。

表 4 羊肚菌子实体在不同栽培基质中氨基酸的含量

g/100 g

氨基酸种类	不同栽培基质时各类氨基酸的含量			
	CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
天冬氨酸(Asp)	0.359	0.401	0.387	0.356
苏氨酸(Thr)	0.187	0.204	0.204	0.191
丝氨酸(Ser)	0.179	0.191	0.159	0.177
谷氨酸(Glu)	0.375	0.387	0.394	0.403
脯氨酸(Pro)	0.149	0.152	0.154	0.155
甘氨酸(Gly)	0.141	0.145	0.136	0.152
丙氨酸(Ala)	0.193	0.201	0.206	0.231
胱氨酸(Cys)	0.097	0.101	0.106	0.152
缬氨酸(Val)	0.163	0.166	0.157	0.184
甲硫氨酸(Met)	0.095	0.103	0.099	0.089
异亮氨酸(Ile)	0.259	0.271	0.247	0.246
亮氨酸(Leu)	0.205	0.201	0.197	0.239
酪氨酸(Tyr)	0.125	0.131	0.141	0.152
苯丙氨酸(Phe)	0.157	0.155	0.144	0.163
赖氨酸(Lys)	0.179	0.192	0.189	0.201
组氨酸(His)	0.109	0.111	0.133	0.113
精氨酸(Arg)	0.239	0.257	0.267	0.255
总氨基酸量	3.211	3.369	3.320	3.459
必需氨基酸量	1.372	1.421	1.385	1.528

## 2.5 羊肚菌子实体药用氨基酸含量

药用氨基酸含量在不同处理间差异较大,但均可占总氨基酸含量均为60%以上,谷氨酸和天冬氨酸是药用氨基酸主要成分,对于改善儿童生长发育、缓解疲劳、增强肝功等有重要作用。不同处理下,药用氨基酸含量由高到低依次为: $M_2(2.010\text{ g}/100\text{ g}) > M_1(1.972\text{ g}/100\text{ g}) > CK_2(1.954\text{ g}/100\text{ g}) > CK_1(1.875\text{ g}/100\text{ g})$ ,香菇菌糠处理的子实体中药用氨基酸含量最高,其中谷氨酸、甘氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、亮氨酸和赖氨酸含量明显高于其他3个组。香菇菌糠处理组子实体的药用氨基酸总量为 $2.01\text{ g}/100\text{ g}$ ,高出对照7.2%(见表6)。

表5 羊肚菌子实体在不同栽培基质中呈味氨基酸的含量 g/100 g

氨基酸种类	不同栽培基质时各类氨基酸的含量				
	CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	
鲜味氨基酸	天冬氨酸(Asp)	0.359	0.387	0.401	0.356
	谷氨酸(Glu)	0.375	0.394	0.387	0.403
	总量	0.734	0.781	0.788	0.759
甜味氨基酸	丝氨酸(Ser)	0.179	0.159	0.191	0.177
	甘氨酸(Gly)	0.141	0.136	0.145	0.152
	丙氨酸(Ala)	0.193	0.206	0.201	0.231
	脯氨酸(Pro)	0.149	0.154	0.152	0.155
	总量	0.662	0.655	0.689	0.715
苦味氨基酸	组氨酸(His)	0.109	0.133	0.111	0.113
	缬氨酸(Val)	0.163	0.157	0.166	0.184
	苯丙氨酸(Phe)	0.157	0.144	0.155	0.163
	异亮氨酸(Ile)	0.259	0.247	0.271	0.246
	亮氨酸(Leu)	0.205	0.197	0.201	0.239
	甲硫氨酸(Met)	0.095	0.099	0.103	0.089
	精氨酸(Arg)	0.239	0.267	0.257	0.255
总量	1.227	1.244	1.264	1.289	

表6 羊肚菌子实体在不同栽培基质中药用氨基酸的含量 g/100 g

氨基酸种类	不同栽培基质时各类氨基酸的含量			
	CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
谷氨酸(Glu)	0.375	0.387	0.394	0.403
天冬氨酸(Asp)	0.359	0.401	0.387	0.356
精氨酸(Arg)	0.239	0.257	0.267	0.255
甘氨酸(Gly)	0.141	0.145	0.136	0.152
苯丙氨酸(Phe)	0.157	0.155	0.144	0.163
酪氨酸(Tyr)	0.125	0.131	0.141	0.152
甲硫氨酸(Met)	0.095	0.103	0.099	0.089
亮氨酸(Leu)	0.205	0.201	0.197	0.239
赖氨酸(Lys)	0.179	0.192	0.189	0.201

## 3 讨论

(1) 产量。播种于土壤是羊肚菌栽培时必不可

少的环节。栽培基质的选择在一定程度上对羊肚菌的产量产生较大的影响<sup>[14]</sup>。王永元等<sup>[15]</sup>为了改良土壤条件,选取蛭石、石灰、碳灰改良土壤的熵值和通气性。结果羊肚菌产量明显提高,其中尤其以碳灰处理的效果好。生土因土壤养分不足会导致菌丝生长速度慢、生长不均匀的情况,从而严重降低总产量。本研究通过改良栽培基质,增加土壤养分,结果羊肚菌产量明显提高。不同栽培基质栽培羊肚菌,其子实体产量由高到低依次为: $M_2(2\ 500\text{ kg}/\text{hm}^2) > M_1(958\text{ kg}/\text{hm}^2) > CK_2(458\text{ kg}/\text{hm}^2) > CK_1(333\text{ kg}/\text{hm}^2)$ ,一般认为羊肚菌单产 $2\ 250\text{ kg}/\text{hm}^2$ 为达标<sup>[13]</sup>,4个组中,只有香菇菌糠处理组可以达到正常产量。羊粪常被用于农田施肥,本身理化特性好,可为子实体发育提供必需的水分,但在本试验中羊粪处理组的出菇密度和子实体农艺性状指标优于生土对照组和表土对照组,但整体表现不如香菇菌糠处理组。

(2) 营养成分。改变栽培基质也会影响羊肚菌菌的营养成分含量和品质。羊粪作为栽培基质能显著提高羊肚菌子实体的粗蛋白含量。香菇菌糠作为栽培基质能显著提高羊肚菌子实体粗纤维、水分含量,减少粗多糖和粗脂肪含量,对于脂肪摄入量少的人群有益。水分可直接影响到羊肚菌的鲜嫩程度和口感<sup>[16]</sup>,香菇菌糠处理组子实体水分含量最高,有利于提升羊肚菌的食用口感。

(3) 营养价值(氨基酸含量)。必需氨基酸的种类和含量是评判食物中蛋白质营养价值的重要标准<sup>[17]</sup>。香菇菌糠处理组的必需氨基酸含量最高,说明香菇菌糠对于羊肚菌子实体的蛋白质价值提升有很好的效果。

羊肚菌中呈味氨基酸含量丰富,且鲜味氨基酸和甜味氨基酸占比较大,这是羊肚菌口感好、味道鲜美的重要原因<sup>[18]</sup>。结果表明,羊粪处理组子实体中鲜味氨基酸含量最高,香菇菌糠处理组甜味氨基酸含量最高,说明改变栽培基质有利于增加羊肚菌鲜甜的口味。

药用氨基酸在不同处理间差异不大,均占总氨基酸含量均为60%以上,谷氨酸和天冬氨酸是药用氨基酸主要成分,对于改善儿童生长发育、缓解疲劳、增强肝功等有重要作用。结果表明,香菇菌糠处理的子实体中药用氨基酸含量最高,羊粪次之,生土最差。药用氨基酸是羊肚菌药用价值的重要体现,本研究4个处理间差异性不显著,故而不能直接说明改变栽培基质对羊肚菌子实体药用氨基酸含量影响不大,也有可能是栽培基质配比问题,此问题需进一步研究。

## 4 结论

本研究为探究宁南山区羊肚菌栽培的可行性,以及不同栽培基质栽培下羊肚菌子实体的产量和营养价值变化。通过测定羊肚菌子实体的产量、主要营养成分、氨基酸含量 3 类食用菌常用评价指标,得到以下结论。

(1) 在宁南山区,采用香菇菌糠作为栽培基质栽培羊肚菌显著提高了子实体产量和子实体农艺性状。

(2) 采用羊粪作为栽培基质栽培羊肚菌能显著提高子实体的粗蛋白含量,香菇菌糠处理显著提高子实体粗纤维含量和水分含量,减少了粗多糖和粗脂肪含量。

(3) 改良栽培基质能够提升羊肚菌子实体的鲜甜口味,对提高药用价值的作用不明显。

### [参 考 文 献]

- [1] 段晓红,李宏广,杜婉君.宁夏南部山区绿色生态循环农业发展模式研究[J].河南农业,2019(29):6-9.
- [2] 张翔,赵玮,俞风娟,等.宁夏食用菌发展现状与对策[J].宁夏农林科技,2015,56(1):54-55,60.
- [3] 谢占玲,谢占青.羊肚菌研究综述[J].青海大学学报(自然科学版),2007(2):36-40.
- [4] 兰进,曹文琴,徐锦堂.中国羊肚菌属真菌资源[J].资源科学,1999,21(2):56-61.
- [5] 雷艳,曾阳,唐勋,等.羊肚菌化学成分及药理作用研究进展[J].青海师范大学学报(自然科学版),2013,29(2):59-62.
- [6] 王波.羊肚菌北方设施栽培技术[J].农业技术与装备,2020(9):105-106.
- [7] 贺新生,王珏,王一璞,等.中国西南地区羊肚菌高产栽培作业流程[J].食药菌,2020,28(6):454-460.

- [8] Irfan M, Yang Shuang, Yuxin Luo, et al. Genetic diversity analysis of *Morchella* sp. by RAPD [J]. Molecular Biology Research Communications, 2017,6(1):27-31.
- [9] Xiong Chuan, Li Qiang, Chen Cheng, et al. Neuroprotective effect of crude polysaccharide isolated from the fruiting bodies of *Morchella importuna* against  $H_2O_2$ -induced PC12 cell cytotoxicity by reducing oxidative stress [J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2016, 83: 569-576.
- [10] 杜习慧,赵琪,杨祝良.羊肚菌的多样性、演化历史及栽培研究进展[J].菌物学报,2014,33(2):183-197.
- [11] Masaphy S. Biotechnology of morel mushrooms: Successful fruiting body formation and development in a soilless system [J]. Biotechnology Letters, 2010, 32(10): 1523-1527.
- [12] 于冬梅,尤文忠,张悦,等.羊肚菌人工栽培研究进展[J].辽宁林业科技,2018(2):48-51.
- [13] 唐明先,陈杭,赵航轲,等.外源营养袋重量变化对羊肚菌产量的影响[J].现代农业科技,2020(24):42-43.
- [14] 张津京,高子琼,杜军华,等.栽培梯棱羊肚菌对上海设施蔬菜大棚土壤理化性质和酶活力的影响[J].食用菌学报,2020,27(4):65-71.
- [15] 王永元,李岩龙,徐寅,等.土壤改良与搭建拱棚在羊肚菌人工栽培中的作用探索[J].食药菌,2019,27(5):328-330.
- [16] 史琦云,邵威平.八种食用菌营养成分的测定与分析[J].甘肃农业大学学报,2003,38(3):336-339.
- [17] 徐克芹,朱绪春,张党权,等.西伯利亚杏仁柏营养物质测定与其氨基酸组成评价[J].经济林研究,2019,37(1):133-138.
- [18] 熊丙全,兰秀华,彭卫红,等.不同羊肚菌氨基酸比较分析及营养评价[J].食品与发酵工业,2020,46(2):114-119.