

甘南冷温半湿润区塑料大棚栽培羊肚菌的外置营养包基料配方筛选及效益分析

鞠 琪¹, 杨君林², 冯守疆³, 谢丽华², 赵欣楠², 张旭临², 王 婷²

(1. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 3. 温州大学生命与环境科学学院, 浙江 温州 325000)

摘要: 羊肚菌外置营养包栽培技术对于羊肚菌生长乃至其产业高质量发展至关重要, 通过比较筛选不同营养包基质配方对羊肚菌生长及经济效益的影响, 明晰营养包基质科学配方比例, 为甘南冷温半湿润区羊肚菌科学人工栽培提供技术支持。结果表明, 当营养包基料配方质量比为农作物秸秆 47.0%、牲畜粪便 40.0%、麸皮 10.0%、葡萄糖 2.0%、磷酸二氢钾 0.5%、硫酸镁 0.5% 时, 较对照市售基料配方(质量比为麦粒 70.5%, 碎木屑 15.0%, 麸皮 10.0%, 磷酸二氢钾 2.0%, 石灰 2.5%)显著增产 5.63%; 产值、净收益最高, 分别为 332 145.5、182 143.5 元/hm², 较对照市售基料配方均增加 17 706.0 元/hm²。且生产验证试验中, 该基料配方的羊肚菌折合产量为 2 586.00 kg/hm², 较对照市售基料配方显著增产 6.85%; 产值、净收益分别为 336 180.0、186 180.0 元/hm², 较对照市售基料配方均增加 21 547.50 元/hm²。由此可见, 甘南冷温半湿润区塑料大棚生产羊肚菌的最佳外置营养包基料配方质量比为农作物秸秆 47.0%、牲畜粪便 40.0%、麸皮 10.0%、葡萄糖 2.0%、磷酸二氢钾 0.5%、硫酸镁 0.5%。

关键词: 羊肚菌; 外置营养包; 大棚栽培; 基料配方; 筛选; 产量; 净收益; 甘南冷温半湿润区

中图分类号: S646.9

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)11-1040-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.11.011

Screening of Substrate Formulations for External Nutritional Bags and Benefit Analysis for *Morchella esculenta* Cultivation in Plastic Greenhouses in the Cold Temperate Semi-humid Region of Gannan

JU Qi¹, YANG Junlin², FENG Shoujiang³, XIE Lihua², ZHAO Xinnan², ZHANG Xulin², WANG Ting²

(1. Vegetable Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Institute of Soil Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. College of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou Zhejiang 325000, China)

Abstract: The external nutritional bag cultivation technology is crucial for the growth of *Morchella esculenta* and the high-quality development of its industry. By comparing and screening different substrate formulations for nutritional bags and evaluating their effects on the growth and economic benefits of *M. esculenta*, this study clarifies the scientific ratio of substrate components and provides technical support for artificial cultivation in the cold temperate semi-humid region of Gannan. Results showed that when the substrate formulation consisted of 47.0% crop straw, 40.0% livestock manure, 10.0% wheat bran, 2.0% glucose, 0.5% potassium dihydrogen phosphate, and 0.5% magnesium sulfate, production increased significantly by 5.63% compared with the commercial control substrate (70.5% wheat grain, 15.0% crushed sawdust, 10.0% wheat bran, 2.0% potassium dihydrogen phosphate, and 2.5% lime). This formulation also achieved the highest output value and net income, which were 332 145.5 and 182 143.5 Yuan/ha, respectively, increasing by 17 706.0 Yuan/ha compared with the control. In the production validation trial, the average equivalent yield of *M. esculenta* using this substrate formulation reached 2 586.00 kg/ha, which was a 6.85% increase over the control. The output value and net income were 336 180.0 and 186 180.0 Yuan/ha, respectively, increasing by 21 547.50 Yuan/ha compared with the control. Therefore, the optimal substrate formulation for external nutritional bags for *M. esculenta* production in plastic greenhouses

收稿日期: 2024-06-11; 修订日期: 2025-07-12

基金项目: 甘肃省科技厅民生科技专项(20CX9NA089); 甘肃省现代农业科技支撑体系区域创新中心重点科技项目(2023GAAS07); 甘肃省科技厅乡村振兴专项(23CXNA0010)。

作者简介: 鞠 琪(1971—), 男, 甘肃张掖人, 高级农艺师, 主要从事果蔬栽培及农业技术推广工作。Email: 75445145@qq.com。

通信作者: 杨君林(1977—), 男, 甘肃甘谷人, 副研究员, 主要从事植物营养与新型肥料研究工作。Email: 362200757@qq.com。

in the cold temperate semi-humid region of Gannan consists of 47.0% crop straw, 40.0% livestock manure, 10.0% wheat bran, 2.0% glucose, 0.5% potassium dihydrogen phosphate, and 0.5% magnesium sulfate.

Key words: *Morchella esculenta*; External nutritional bag; Greenhouse cultivation; Substrate formulation; Screening; Yield; Net income; Gannan cold temperate semi-humid region

羊肚菌[*Morchella esculenta* (L. Pers.)]别名羊肚菇、羊蘑、羊肚菜, 属盘菌目羊肚菌科羊肚菌属, 是一种稀有优良食用菌, 主要分布于河南、陕西、甘肃等地^[1-2]。成熟羊肚菌子囊果是可食用部分, 含多种氨基酸、脂类、多糖和矿质元素, 具有极高营养与药用价值, 素有“菌中贵族”之美誉, 备受消费者青睐^[3]。羊肚菌在 20 世纪 80 年代末在美国人工驯化栽培成功, 我国羊肚菌市场直至“外援营养包”栽培技术出现才开始真正获利^[4], 该技术的外置营养包大幅降低羊肚菌出菇风险, 其配方是羊肚菌生产过程中的关键技术^[5-9]。羊肚菌目前主要采用塑料大棚内外置营养包栽培技术进行人工栽培, 可通过光照以及温湿度管理来保证羊肚菌的养菌状态, 有力地推动了羊肚菌产业高质量发展。在甘肃榆中、陇南、临潭等地区在羊肚菌高产栽培技术中已明确大棚内空气温湿度、水分以及光照管理^[10-14], 然而关于各区大棚中营养包的具体配方却未明晰, 因此研究不同营养包配方如何影响羊肚菌生长及效益分析十分必要。

临潭县位于甘南州东北部山地农牧区, 属典型的冷温半湿润区, 该区产生的农作物秸秆和畜禽粪便等农业有机废弃物是农业面源污染的治理难点^[15], 而秸秆含有丰富的有机物、氮、钾和微量元素, 科学合理的回收再利用方式有助于减少秸秆焚烧后产生的烟尘、一氧化碳、二氧化硫等污染物^[16]。牲畜粪便可满足羊肚菌生长过程中对多种养分的需要, 但未经腐熟处理的牲畜粪便含有的病原微生物、重金属以及其释放氨气、硫化氢会严重污染地下水、土壤及空气质量; 同时由于牧区牲畜粪便的大量燃烧也会对当地生态、空气环境污染和牧民身体健康带来了一定的负面效应^[17]。因此, 农业有机废弃物基料化成为甘南农业转型的重要途径。且于连泽^[11]、王爱民^[18]、栾倩倩等^[19]分别在陇南、武威地区在总结当地羊肚菌丰产栽培技术中指出玉米芯、麸皮、稻壳等为羊肚菌培养料配方的主要原材料。

为此, 我们依托临潭县石门乡梁家坡村临潭

县优农源农牧业科技发展有限公司的羊肚菌种植大棚, 于 2022—2024 年研究了不同羊肚菌栽培营养包基料配方对羊肚菌生长和产量及经济效益的影响, 旨在为甘南冷温半湿润区羊肚菌栽培营养包配方技术提供科学依据及技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验依托位于临潭县石门乡梁家坡村的临潭县优农源农牧业科技发展有限公司羊肚菌种植大棚进行。当地属冷温半温湿气候区, 平均海拔 2 289 m, 年平均气温约 6 ℃, 年均降水量 428.6 mm, 无霜期 120 d。

1.2 供试材料

供试羊肚菌菌种为六妹羊肚菌, 由甘肃省农业科学院蔬菜研究所提供。营养基基质材料为农作物秸秆(玉米、小麦、油菜、马铃薯、中药材等果实收获后废弃物的混合腐熟物)、麸皮、葡萄糖、牲畜粪便(腐熟牛羊猪粪便混合料)、磷酸二氢钾、硫酸镁, 均由临潭县优农源农牧业科技发展有限公司提供; 以市场销售羊肚菌营养包(羊肚菌营养包基料配方质量比为麦粒 70.5%、碎木屑 15.0%、麸皮 10.0%、磷酸二氢钾 2.0%、石灰 2.5%) 为对照处理。

1.3 试验方法

1.3.1 羊肚菌栽培外置营养包基料配方筛选试验
试验于 2022 年 10 月至 2023 年 3 月进行, 共设 6 个处理, 即 5 种自配羊肚菌栽培基料处理和市场销售营养基料处理(CK), 具体配方见表 1。试验采用随机区组试验设计, 3 次重复, 小区面积 15 m² (5 m × 3 m)。羊肚菌栽培基料经醇贮技术腐熟后, 按 200 g/袋标准分装备用。在塑料大棚内采用畦床栽培方式进行羊肚菌栽培, 播种前起微垄(10 cm), 在垄面开深 2 ~ 3 cm 沟将菌种掰成小块按 10 ~ 15 cm 间距播种后覆土埋严, 适宜播种量为 750 kg/hm²。当垄面出现“白霜”时按密度 15 000 袋/hm² 摆放营养包。其余种植管理措施同当地高产羊肚菌栽培管理技术。

表 1 不同羊肚菌栽培营养包的基料配比(质量比)

处理	原料配比/%					
	农作物秸秆	牲畜粪便	麸皮	葡萄糖	磷酸二氢钾	硫酸镁
T ₁	67.0	30.0	0	2.0	0.5	0.5
T ₂	57.0	35.0	5.0	2.0	0.5	0.5
T ₃	47.0	40.0	10.0	2.0	0.5	0.5
T ₄	37.0	45.0	15.0	2.0	0.5	0.5
T ₅	27.0	50.0	20.0	2.0	0.5	0.5
T ₆ (CK)	市场销售羊肚菌营养包(麦粒 70.5%、碎木屑 15.0%、麸皮 10.0%、磷酸二氢钾 2.0%、石灰 2.5%)					

1.3.2 羊肚菌栽培外置营养包基料配方生产验证试验 试验于 2023 年 10 月至 2024 年 3 月进行,共设 2 个处理,分别为羊肚菌栽培外置营养包基料配方筛选试验中的最优基料配方处理(PT3)和对照处理市场销售羊肚菌营养包(PCK)。试验采用简单大区对比设计,不设重复,大区面积 200 m²。大棚畦床栽培条件下羊肚菌菌种适宜播种量为 750 kg/hm²。羊肚菌播种方式同羊肚菌栽培营养包基料配方筛选试验,播后当垄面出现“白霜”时按密度 15 000 袋/hm² 摆放营养包。其余种植管理措施同当地羊肚菌栽培管理技术。

1.4 主要观测指标

羊肚菌生长期间观测记录不同处理下羊肚菌的菌霜消退时间、原基形成时间、菌丝长势、原基密度及营养包内菌丝生长情况(菌丝满袋时间、菌丝颜色、气生菌丝密度、菌核密度)。收获时各小区按 3 点法取样 10 株测定单株鲜重,并按小区单收计产。

1.5 数据处理

试验所有数据均在 Excel 2019 软件中进行整理,利用 SPSS24.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同羊肚菌栽培外置营养包基料配方处理对羊肚菌生长的影响

2.1.1 羊肚菌栽培外置营养包基料配方筛选 从表 2 可以看出,在相同的管理条件下不同基料配方营养包对羊肚菌的菌丝长势、菌丝原基形成时间、菌丝原基密度有较大的影响,对菌霜消退时间无影响。其中菌丝原基形成时间以 T₃、T₄ 处理最早,均为 70 d,均较 T₆ 处理(CK)提前 1 d;其余处理较 T₆ 处理(CK)推迟 1~2 d。同时可看出,

表 2 不同营养包基料配方处理的羊肚菌生长情况^①

处理	菌霜消退时间 /d	菌丝原基形成时间 /d	菌丝 长势	菌丝原基 密度
T ₁	62	73	+	+
T ₂	62	72	++	+
T ₃	62	70	+++	++
T ₄	62	70	+++	++
T ₅	62	72	++	+
T ₆ (CK)	62	71	++	++

①+++表示菌丝长势好或原基密度高,++表示菌丝长势较好或菌丝原基密度较高,+表示菌丝长势或菌丝原基密度一般,下同。

以 T₃、T₄ 处理的菌丝长势好,T₃、T₄、T₆(CK)处理的菌丝原基密度高。

从表 3 可以看出,在相同的管理条件下不同基料配方营养包对营养包内的羊肚菌气生菌丝生长情况有较大的影响。T₃ 处理下营养包内羊肚菌菌丝满袋时间最短,为 56 d,较 T₆ 处理(CK)一致;且其气生菌丝呈黄褐色,生长旺盛、密度大,菌核数量多、密度高。T₁ 处理表现最差,羊肚菌菌丝满袋时间最长,为 60 d,较 T₆ 处理(CK)延迟 4 d;且其气生菌丝为浅灰色,长势和密度及菌核

表 3 不同营养包基料配方处理下包内菌丝生长情况^①

处理	菌丝满袋时间 /d	菌丝 颜色	气生菌丝 密度	菌核 密度
T ₁	60	淡灰色	+	+
T ₂	58	淡黄褐色	++	+
T ₃	56	黄褐色	+++	+++
T ₄	57	淡黄褐色	++	++
T ₅	58	淡黄褐色	++	+
T ₆ (CK)	56	黄褐色	++	++

①+++表示气生菌丝密度或菌核密度高,++表示气生菌丝密度或菌核密度较高,+表示气生菌丝密度或菌核密度一般,下同。

数量和密度均表现一般。

2.1.2 羊肚菌栽培外置营养包基料配方生产验证
通过羊肚菌栽培外置营养包基料配方筛选试验,认为其中的 T₃ 处理为最优基料配方处理(PT3)。从表 4 可以看出,在相同的管理条件下,PT3 处理的菌丝原基形成时间为 68 d,较对照处理(PCK)提前 2 d;菌丝长势也明显优于对照处理(PCK);但菌霜消退时间、菌丝原基密度与对照处理(PCK)保持一致。从表 5 可以看出,在相同的管理条件下,PT3 处理的营养包内羊肚菌菌丝满袋时间为 55 d,较对照处理(PCK)提前 1 d;气生菌丝旺盛程度、密度均明显优于对照处理(PCK);菌丝颜色、菌核数量和密度与对照处理(PCK)保持一致。

2.2 不同营养包基料配方处理对羊肚菌产量及经济效益的影响

2.2.1 羊肚菌栽培外置营养包基料配方筛选 由表 6 可知,不同基料配方营养包对羊肚菌单鲜株重和折合产量有一定的影响。其中单株鲜重以 T₃ 处理最高,为 17.88 g,较 T₆ 处理(CK)增加 0.65 g;T₄ 处理次之,为 17.34 g,较 T₆ 处理(CK)增加 0.11 g;其余处理均低于 T₆ 处理(CK),降幅为 0.13~1.12 g。折合产量以 T₃ 处理最高,为 2 554.95 kg/hm²,较 T₆ 处理(CK)增产 5.63%,增产差异显著($P<0.05$);T₄ 处理次之,为 2 497.65 kg/hm²,较 T₆ 处理(CK)增产 3.26%,增产差异不显著 ($P>0.05$);其余处理均较 T₆ 处理(CK)减产,减幅为 2.57%~7.63%。产

表 6 不同营养包基料配方处理的羊肚菌产量和经济效益^①

处理	单株鲜重 /g	折合产量 /(kg/hm ²)	产值 /(元/hm ²)	净收益 /(元/hm ²)
T ₁	16.11	2 234.10 c	290 433.0	140 433.0
T ₂	16.65	2 330.40 bc	302 952.0	152 952.0
T ₃	17.88	2 554.95 a	332 143.5	182 143.5
T ₄	17.34	2 497.65 ab	324 694.5	174 694.5
T ₅	17.10	2 356.65	306 364.5	156 364.5
T ₆ (CK)	17.23	2 418.75 b	314 437.5	164 437.5

①羊肚菌投入均按 150 000 元/hm² 计算,羊肚菌鲜货价格按全年平均价 130 元/kg 计算,下表同。

值、净收益均以 T₃ 处理最高,分别为 332 143.5、182 143.5 元 /hm²,均较 T₆ 处理(CK)增加 17 706.0 元/hm²;T₄ 处理次之,分别为 324 694.5、174 694.5 元/hm²,较 T₆ 处理(CK)均增加 10 257.0 元/hm²;其余处理均低于 T₆ 处理(CK),降幅为 8 073~24 004.5 元 /hm²。

2.2.2 羊肚菌栽培外置营养包基料配方生产验证
由表 7 可以看出,PT3 处理的羊肚菌单株鲜重为 17.23 g,较对照处理(PCK)增加 0.37 g;折合产量为 2 586.00 kg/hm²,较对照处理(PCK)增产 6.85%,增产差异显著 ($P<0.05$);产值、净收益分别为 336 180.0、186 180.0 元 /hm²,较对照处理(PCK)均增加 21 547.50 元 /hm²。

3 讨论与结论

养分供应是影响植物正常生长的主要因素之一,原基、菌丝、菌核是羊肚菌生长变化的主要观测指标^[20]。本研究中,不同基料配方营养包处

表 4 营养包基料配方生产验证试验的羊肚菌生长情况

处理	菌霜消退时间 /d	菌丝原基形成时间 /d	菌丝长势	菌丝原基密度
营养包最优基料配方(PT3)	62	68	+++	++
市售营养包基料配方(PCK)	62	70	++	++

表 5 营养包基料配方生产验证试验的包内菌丝生长情况

处理	菌丝满袋时间 /d	菌丝颜色	气生菌丝密度	菌核密度
营养包最优基料配方(PT3)	55	黄褐色	+++	++
市售营养包基料配方(PCK)	56	黄褐色	++	++

表 7 营养包基料配方生产验证试验的羊肚菌产量和经济效益

处理	单株鲜重 /(g/株)	折合产量 /(kg/hm ²)	产值 /(元/hm ²)	净收益 /(元/hm ²)
营养包最优基料配方(PT3)	17.23	2 586.00 a	336 180.0	186 180.0
市售营养包基料配方(PCK)	16.86	2 420.25 b	314 632.5	164 632.5

理下菌霜消退时间一致,这表明在关注羊肚菌生长时菌霜消退可不作为重要观测指标。结合最终效益分析发现,羊肚菌生长过程原基形成越早、菌丝长势及原基密度越高表明羊肚菌生长越旺盛,进而效益越高,这与先前研究羊肚菌生长的结果一致^[21]。该研究也表明,营养包内的菌丝满袋时间越短,菌丝颜色黄褐色越深,气生菌丝密度及菌核密度越高,羊肚菌经济效益越高^[21]。

通过对不同羊肚菌栽培营养包基料配方进行筛选试验的结果表明,在相同的管理条件下,当营养包基料配方质量比为农作物秸秆 47.0%、牲畜粪便 40.0%、麸皮 10.0%、葡萄糖 2.0%、磷酸二氢钾 0.5%、硫酸镁 0.5%时,较对照市售营养包基料配方(质量比为麦粒 70.5%,碎木屑 15.0%,麸皮 10.0%,磷酸二氢钾 2.0%,石灰 2.5%)处理显著增产 5.63%;产值、净收益最高,分别为 332 145.5、182 143.5 元/hm²,较对照市售基料配方处理均增加 17 706.0 元/hm²;且生产验证试验也证实,当基料配方质量比为农作物秸秆 47.0%、牲畜粪便 40.0%、麸皮 10.0%、葡萄糖 2.0%、磷酸二氢钾 0.5%、硫酸镁 0.5%时,羊肚菌折合产量为 2 586.00 kg/hm²,较对照市售营养包基料配方处理显著增产 6.85%;产值、净收益分别为 336 180.0、186 180.0 元/hm²,较对照市售营养包基料配方处理均增加 21547.50 元/hm²。由此可见,该基料配方处理羊肚菌产量高,经济效益好,因此建议在甘南冷温半湿润区大棚羊肚菌种植中加以推广应用。

参考文献:

- [1] 杨 燕,赵 晶,李新荣.不同光照强度对羊肚菌生长发育的影响初报[J].寒旱农业科学,2023,2(9): 851-853.
- [2] 何士剑,马黎霞,管 礼,等.北方高寒阴湿区双拱双膜保湿冷棚羊肚菌人工栽培技术[J].寒旱农业科学,2024,3(2): 185-188.
- [3] 马鑫旺.湖南地区羊肚菌品种筛选与栽培关键技术研究[D].长沙:湖南农业大学,2021.
- [4] 吴家辉.不同灌溉方式对羊肚菌生长的影响[D].南充:西华师范大学,2023.
- [5] 何 俊,李树红,杨凤丽,等.外源营养及添加方式对羊肚菌栽培的影响[J].大理大学学报,2020,5(12): 42-47.
- [6] 谢春芹,董明辉,顾鲁同,等.不同品种羊肚菌和外源营养对其生产性状的影响[J].中国食用菌,2024,43(1): 32-39.
- [7] 吴玉勇,蒋 蕊,董荷玲,等.大田栽培羊肚菌外源营养包技术优化试验[J].食用菌,2023,45(5): 47-49.
- [8] 朱金霞,孔德杰,冯 锐,等.不同配方的外源营养包对羊肚菌产量及经济效益的影响[J].中国食用菌,2023,42(4): 120-124; 130.
- [9] 肉斯塔木·艾买提,李敏奇,闫兴富,等.不同外源营养包对羊肚菌产量的影响[J].北方园艺,2022(15): 126-131.
- [10] 李玉娥,崔银花,祁丽萍,等.榆中县羊肚菌日光温室冬春茬栽培技术[J].中国农技推广,2022,38(1): 51-52.
- [11] 于连泽.陇南地区大棚羊肚菌丰产栽培技术[J].现代农村科技,2024(3): 41-42.
- [12] 王永斌,宋福英.陇南地区羊肚菌大棚高产栽培技术[J].北方园艺,2019(22): 169-172.
- [13] 刘明霞,侯 栋,杨建杰,等.西北地区大棚羊肚菌—紫叶茼蒿笋轮作高效栽培技术[J].中国蔬菜,2024(2): 135-138.
- [14] 郝罗英,范伟明.临夏州羊肚菌种植可行性研究报告[J].特种经济动植物,2022,25(8): 179-181.
- [15] 宋永吉.浅析临潭县食用菌产业发展存在的问题及对策建议[J].中国农技推广,2021,37(9): 19-20.
- [16] 刘照明,袁静超,梁 尧,等.还田方式对玉米秸秆腐解特征及其节肥潜力的影响[J/OL].农业资源与环境学报,2025,42(2): 404-411.
- [17] 庄明浩,鲁 玺,王艳芬,等.青藏高原牧区家庭能源消费对生态环境和人体健康的影响研究现状与展望[J].生态学报,2023,43(5): 1775-1783.
- [18] 王爱民.甘肃高寒山区设施羊肚菌人工栽培技术[J].甘肃农业科技,2022,53(4): 92-95.
- [19] 栾倩倩,蔺 毅,常 浩,等.高原地区羊肚菌日光温室高产栽培技术[J].食用菌,2022,44(1): 52-54.
- [20] 周兰兰,胡双明,尚晓花,等.甘南州野生羊肚菌菌种分离及母种培养基筛选试验研究[J].北方园艺,2024(17): 118-124.
- [21] 朱继荣,王成莹,耿 丽,等.羊肚菌菌核生物发生及其影响因素研究进展[J].食药食用菌,2024,32(3): 149-156.