

杏鲍菇母种培养基配方优化的试验

覃宝山^{1,2}, 赵媛娟³, 石娟娟^{1,2}, 覃勇荣^{1,2*}

¹广西蚕桑生态学与智能化技术应用重点实验室, 河池学院, 广西 河池

²广西现代蚕桑丝绸协同创新中心, 河池学院, 广西 河池

³合山市农业农村局, 广西 合山

收稿日期: 2023年10月6日; 录用日期: 2023年11月8日; 发布日期: 2023年11月15日

摘要

为了筛选杏鲍菇母种培养基的优化配方, 采用单因素试验和正交试验方法, 通过设置不同碳源添加量、氮源添加量和无机盐添加量, 以菌丝生长速度、菌丝浓度、气生菌丝量和边缘整齐度为主要评价指标, 筛选出杏鲍菇母种培养基的最佳配方。结果表明, 在培养温度为25°C, 葡萄糖20 g/L, 琼脂20 g/L, 接种菌块直径为6 mm时, 单因素试验筛选得到的玉米芯最适添加量为450 g/L, 麦麸最适添加量为60 g/L, 无机盐的最适添加量为3.8 g/L; 正交试验筛选出的杏鲍菇母种培养基最佳配方为玉米芯450 g/L、麦麸50 g/L、硫酸镁4.2 g/L。利用玉米芯等农业生产废弃物进行杏鲍菇母种栽培, 不仅能够节约资源能源, 减少环境污染, 还能够有效降低成本, 变废为宝, 提高经济效益。

关键词

杏鲍菇, 母种培养基, 菌丝生长, 配方优化

Experiment on Optimizing the Formula of Mother Culture Medium for *Pleurotus eryngii*

Baoshan Qin^{1,2}, Yuanjuan Zhao³, Juanjuan Shi^{1,2}, Yongrong Qin^{1,2*}

¹Guangxi Key Laboratory of Sericulture Ecology and Applied Intelligent Technology, Hechi University, Hechi Guangxi

²Guangxi Collaborative Innovation Center of Modern Sericulture and Silk, Hechi University, Hechi Guangxi

³Agriculture and Rural Bureau of Heshan City, Heshan Guangxi

Received: Oct. 6th, 2023; accepted: Nov. 8th, 2023; published: Nov. 15th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 覃宝山, 赵媛娟, 石娟娟, 覃勇荣. 杏鲍菇母种培养基配方优化的试验[J]. 农业科学, 2023, 13(11): 1062-1073. DOI: 10.12677/hjas.2023.1311145

Abstract

In order to select the optimal formula for the mother culture medium of *Pleurotus eryngii*, single factor experiments and orthogonal experiments were used. By setting different levels of carbon source, nitrogen source, and inorganic salt addition, the optimal culture formula for the mother culture medium of *P. eryngii* was selected based on the main evaluation indicators of mycelial growth rate, mycelial concentration, aerial mycelial quantity, and edge uniformity. The results showed that when the cultivation temperature was 25°C, glucose was 20 g/L, agar was 20 g/L, and the diameter of the inoculum block was 6 mm, the optimal addition amount of corn cob, wheat bran, and inorganic salt was 450 g/L, 60 g/L, and 3.8 g/L, respectively, selected from the single factor experiment; The optimal formula for the mother culture medium of *P. eryngii* selected through orthogonal experiments is corn cob 450 g/L, wheat bran 50 g/L, and magnesium sulfate 4.2 g/L. Utilizing agricultural production waste such as corn cobs for mother cultivation of *P. eryngii* can not only save resources and energy, reduce environmental pollution, but also effectively reduce costs, turn waste into treasure, and improve economic benefits.

Keywords

Pleurotus eryngii, Mother Culture Media, Mycelial Growth, Formula Optimization

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*), 别名为刺芹侧耳[1], 隶属于层菌纲, 伞菌目, 口蘑科, 侧耳属[2] [3], 是一种可以药食兼用的食用菌[4], 也是近年来成功开发利用、可以集食用、药用和食疗为一体的食用菌新品种[5]。杏鲍菇的肉质肥厚, 营养含量极其丰富且口感独特, 食用时香味浓郁似杏仁, 且同时具有美容的功能, 除此之外, 杏鲍菇还是一种功能性食品, 可制成高档保健品, 因此一直受广大消费者的欢迎[6] [7] [8]。

在杏鲍菇菌种育种工作方面, 由福建、浙江和山东等省份最先开始小规模生产。最初的母种培养基多为 PDA 培养基, 虽然多数食用菌在这种培养基上都能够生长, 但生长速度和情况都有差异, 因此会影响较大规模的生产[9]。营养和环境条件是影响杏鲍菇菌丝生长的重要因素, 是制定高产栽培技术的基础[10]。筛选出适合的影响因子, 并对其培养条件进行优化, 可以提高后期菌袋制作的成品率, 缩短生产周期, 从而提高经济效益[11]。目前, 培养杏鲍菇菌丝的主要碳源和氮源是马铃薯、葡萄糖、黄豆粉、蛋白胨等原料[12]。韩春华[13]通过实验研究了杏鲍菇对蔗糖、乳糖、可溶性淀粉、麦芽糖等碳源和酵母浸膏、蛋白胨、氯化铵、硝酸铵、尿素等氮源的利用情况, 结果表明, 该杏鲍菇菌丝生长的最适碳源是可溶性淀粉, 最适氮源是酵母浸膏和蛋白胨。刘慧铭[14]对杏鲍菇菌丝在不同培养基上的生长情况进行了比较, 结果表明, 母种培养基碳、氮源以马铃薯、葡萄糖和蛋白胨最好。宫志远等[10]对杏鲍菇菌丝生长的碳、氮素营养需求进行了试验, 结果表明, 杏鲍菇菌丝生长最佳碳源是葡萄糖, 最佳氮源是蛋白胨。在无机盐的选择上, 根据培养基原料不同, 主要选择的是硫酸镁[15]、磷酸二氢钾[16], 或者是将两者混合使用。Guo S F 等研究了不同培养基中的碳、氮源和无机盐对杏菇菌丝生长的影响, 结果表明, 玉米淀粉为最佳碳源, 蛋白胨为最佳氮源, 即培养基的最佳组成为 2% 玉米淀粉、1% 蛋白胨、0.3% KH_2PO_4 和 0.05% MgSO_4 [17]。

虽然在菌丝培养时使用马铃薯、蛋白胨、黄豆粉等原料能取得良好的效果, 但进行大规模生产时,

可能会大幅度增加成本,从而严重影响经济效益,这就要求在培养好母种菌丝的同时,必须降低原料的成本。在传统的杏鲍菇栽培料中,许多文献记载了使用工农业废料栽培食用菌的方法,例如 Pan J P 是以农业废弃物花生壳为原料制作培养基,其研究表明,花生壳培养基的菌丝生长速度高于其他培养基。使用花生壳与马铃薯一定比例混合后,菌丝生长速度明显提高,因此可以认为,花生壳是一种很好的食用菌栽培原料[18]。Dai Y J [19]等以棉籽壳为主要原料,添加不同量的玉米芯、麦麸、稻草干和玉米粉,以及不同 C/N 比的种植材料,得到 5 种不同的栽培材料,探讨不同 C/N 比的培养料对杏鲍菇菌丝体生长和生物转化率的影响,结果表明,在 C/N 比为 25:1~35:1 的培养基中,杏鲍菇菌丝生长良好,尤其是在 C/N 比为 30:1~35:1 的培养基中,杏鲍菇菌丝体的生物转化率显著提高。An X S 将杏鲍菇在不同比例的桑枝屑培养基上进行培养,观察并比较其菌丝生长情况,从而找出能高效利用桑枝屑进行菌丝生长的良好食用菌培养基,结果表明,杏鲍菇菌丝在含有 75%或 85%桑枝屑的培养基上生长正常,优于小麦籽粒为主的培养基[20]。但是,有一些工农业废料不仅仅适合用于栽培料,在配制母种培养基时,加入适量的工农业废料提取液,也能达到增加菌丝浓度和加快菌丝生长的效果。目前,杏鲍菇母种菌丝的培养,已经开始使用一些农产品加工副产物,且取得了不错的效果,不仅极大地降低了杏鲍菇母种培养的成本,也能使得一些副产物得到更好的利用,避免了资源的浪费。在生活中,农业生产中的一些副产物及下脚料是很难被人类和动物直接利用的,因此常常会造成较大的浪费[21]。Melanouri E M 等利用农业废料培养杏鲍菇菌种,考察了麦草、棉饼、玉米芯、咖啡渣、橄榄浆、大麦和燕麦秸秆、稻皮等农业废弃物作为原料,对杏鲍菇菌株进行了菌丝生长速度的测定。实验结果表明,杏鲍菇菌株在玉米芯、橄榄浆、大麦和燕麦秸秆上的生长速率较高[22]。花生壳是常见的农业废料,量大且占空间多,潘嘉平等通过尝试用不同量的花生壳配置成母种培养基进行试验,不仅达到了废料回收利用的目的,也进一步开发利用了杏鲍菇真菌资源[18]。田景花等研究发现,使用棉籽壳、木屑和杏鲍菇出菇料代替一部分马铃薯制成的母种培养基更适合母种菌丝生长[23]。究其原因,可能是多种原料混合时,营养种类更加丰富,培养基更加疏松的缘故。也有研究者使用棉籽壳、锯末和麦麸全部代替马铃薯作为菌丝培养基使用,用麦麸代替马铃薯时,其添加量只是马铃薯 1/4,但是其培养出的杏鲍菇菌丝直径和生长势均得到明显增加[24]。方白玉在培养基优化试验中,使用麦麸、香蕉等经过蒸煮过滤的提取液制成母种培养基,通过多种不同配方培养对比发现,香蕉培养基有比较明显的优势[25]。一些相关研究结果发现,并不是所有农业废弃物都适合作为杏鲍菇栽培的原料,比如以柿子皮混合其他培养料时,虽然增加柿子皮的混合比例可以增加总氮,但 15%柿皮处理的菌丝生长与对照相似,20%~50%柿皮处理抑制了菌丝的生长[26] [27]。

以上是国内外学者对杏鲍菇母种培养基筛选进行的一些研究,及取得的一些成果,但是,总的来说,国内外学者对杏鲍菇母种培养基的研究,大多数集中在传统的碳源和氮源上,而在对新型碳源和氮源的研究方面,开展的工作相对较少。以上研究也充分说明了利用农产品加工副产物代替农产品作为杏鲍菇母种菌丝培养基的可行性,从而为降低杏鲍菇母种培养成本提供了新的路径,同时也使得一些副产物得到了更高效的利用,减少了资源的浪费。

本研究拟通过最适碳源、氮源和无机盐种类的选择,根据单因素试验和正交试验的结果,筛选出杏鲍菇母种菌丝生长的最适培养基配方,为节约资源能源,提高杏鲍菇栽培的经济效益,助力乡村振兴和经济可持续发展提供理论参考。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

2.1.1. 供试菌株

河池市宜州区市售杏鲍菇子实体组织块培养的菌株。

2.1.2. 仪器设备

超净工作台(SW-CJ-1F 型)、生化培养箱(SPX-150 型)、电子天平(HC-C 型)、电磁炉(A18 型)、酒精灯、接种工具、烧杯、酒精灯、三角瓶、直尺(mm)、培养皿(71 mm)、海尔电冰箱(BCD-206TFM 型)、高压蒸汽灭菌器(YXQ-LS-18SI)、电热鼓风干燥箱(GZX-9030MBE)、接种器械灭菌器(ZJ-II)。

2.1.3. 药品及培养基原料

马铃薯(市购)、新鲜玉米芯、香蕉、胡萝卜、麸皮、米糠、豆渣(烘干)、琼脂、葡萄糖、硫酸镁、氯化钠、磷酸二氢钾。

2.2. 试验方法

2.2.1. 一级种的制作

1) 母种培养基制备: 去皮马铃薯 200 g(煮汁), 葡萄糖 20 g, 琼脂 20 g, pH 值自然。

2) 母种菌丝的培养: 采用杏鲍菇子实体分离的方法, 利用组织培养技术将子实体接种于母种培养基, 于 25℃的培养箱中培养至菌丝长满培养皿, 即可获得一级种, 4℃低温保存。

2.2.2. 母种培养基营养物质的筛选

1) 碳源种类与浓度的筛选

分别以玉米芯[28] [29]、香蕉、胡萝卜[30]为碳源, 试验浓度(添加量)为 50 g/L、100 g/L、150 g/L、200 g/L、250 g/L、300 g/L、350 g/L、400 g/L、450 g/L、500 g/L, 每种处理均添加 20 g 葡萄糖和 20 g 琼脂。

将原料切成小块后放入锅中煮沸 20 min, 四层纱布过滤, 得提取液后加入琼脂和葡萄糖, 溶解后定容至 1 L, 灭菌后倒平板(直径 71 mm), 用 6 mm 的打孔器在一级种平板上取下菌丝圆片[31], 接种于培养基中心位置, 25℃培养, 直至有一个培养基被菌丝铺满, 观察并记录生长时间, 菌落直径, 菌丝浓度, 气生菌丝量和边缘整齐度五个指标, 重复试验 4 次。

2) 氮源种类与浓度的筛选

分别以麸皮、米糠、干豆渣为氮源, 实验浓度为 10 g/L、20 g/L、30 g/L、40 g/L、50 g/L、60 g/L、70 g/L、80 g/L、90 g/L、100 g/L, 每个浓度添加 450 g 玉米芯, 葡萄糖和琼脂添加量均为 20 g。

将原料玉米芯切成小块后与各类氮源原料放入锅中煮沸 20 min, 四层纱布过滤, 得提取液后加入琼脂和葡萄糖, 接种步骤和记录指标与上述实验相同。

3) 无机盐种类与浓度的筛选

分别以硫酸镁、氯化钠、磷酸二氢钾为无机盐, 试验浓度为 0.6 g/L、1.0 g/L、1.4 g/L、1.8 g/L、2.2 g/L、2.6 g/L、3.0 g/L、3.4 g/L、3.8 g/L、4.2 g/L, 每个浓度添加 450 g 玉米芯、40 g 麦麸、葡萄糖和琼脂添加量均为 20 g。

将玉米芯切成小块后与麦麸一起放入锅中煮沸 20 min, 四层纱布过滤, 得到提取液后加入琼脂、葡萄糖和不同浓度的无机盐, 接种步骤和记录指标与上述实验相同。

2.2.3. 单因素试验

1) 玉米芯的添加量

以 40 g 麦麸、3.0 g 硫酸镁、20 g 葡萄糖和 20 g 琼脂为基础, 由于在上一步的试验中发现, 在玉米芯添加量为 500 g/L 时, 菌丝的各项指标呈下降的趋势, 因此, 在单因素试验中玉米芯的添加量不再增大, 分别为 200 g、250 g、300 g、350 g、400 g、450 g、500 g。

将不同质量的玉米芯切成小块后与分别与 40 g 麸皮一起煮沸 20 min, 四层纱布过滤, 加入 3.0 g 硫

酸镁, 葡萄糖和琼脂添加量均为 20 g, 接种步骤和记录指标与上述实验相同。

2) 麦麸的添加量

以 350 g 玉米芯、3.0 g 硫酸镁、20 g 葡萄糖和 20 g 琼脂为基础, 麦麸的添加量分别为 10 g、20 g、30 g、40 g、50 g、60 g、70 g。

将玉米芯切成小块后, 分别与不同质量的麦麸一起煮沸 20 min, 四层纱布过滤, 加入上述定量的无机盐、葡萄糖和琼脂, 其余实验步骤和记录指标与上述实验相同。

3) 硫酸镁的添加量

以 350 g 玉米芯、40 g 麦麸、20 g 葡萄糖和 20 g 琼脂为基础, 硫酸镁的添加量分别为 1.8 g、2.2 g、2.6 g、3.0 g、3.4 g、3.8 g、4.2 g。

将玉米芯切成小块后与麦麸一起煮沸 20 min, 四层纱布过滤, 加入葡萄糖和琼脂添加量均为 20 g, 分别加入不同重量的硫酸镁, 接种步骤和记录指标与上述实验相同。

2.2.4. 正交试验

在单因素试验基础上, 保持培养基中葡萄糖 20 g、琼脂 20 g 和培养温度不变。以玉米芯添加量、麸皮添加量和无机盐添加量 3 个因素为研究对象, 每个因素设计 4 个水平, 以菌丝生长速度, 菌丝浓度, 气生菌丝量和边缘整齐度为指标, 选用 $L_{16}(4^5)$ 型正交表进行试验(具体见表 1)。每组试验 3 个重复, 研究其综合影响, 以获得最佳的母种培养基配方。

Table 1. Factors and levels of orthogonal experiment for optimizing the parent species culture medium of *P. eryngii*
表 1. 杏鲍菇母种培养基优化正交试验的因素水平表

水平	A: 玉米芯添加量/g	B: 麸皮添加量/g	C: 硫酸镁添加量/g
1	350	40	3.0
2	400	50	3.4
3	450	60	3.8
4	500	70	4.2

3. 结果与分析

3.1. 母种培养基种类与浓度的筛选试验

3.1.1. 不同碳源及浓度对杏鲍菇菌丝生长的影响

本试验以菌丝生长速度, 菌丝浓度, 气生菌丝量和边缘整齐度为评价指标, 生长速度快, 菌丝浓度大、气生菌丝量多、边缘整齐, 则菌丝生长状况越好, 培养基为最佳。不同碳源种类对杏鲍菇菌丝生长状况的影响见图 1。

如图 1 所示, 四个指标由左到右依次为菌丝生长速度, 菌丝浓度, 气生菌丝量和边缘整齐度, 菌丝浓度分为+、++、+++、++++、+++++五个等级[32], 在柱形图中以数字 1、2、3、4、5 表示; 气生菌丝量分为少、较少、一般、较多、多五个等级, 在柱形图中以数字 1、2、3、4、5 表示; 边缘整齐度分为不整齐、较整齐、整齐三个等级, 在柱形图中以数字-1、0、1 表示。不同碳源中, 最适合杏鲍菇菌丝生长的为玉米芯 450 g/L、香蕉 200 g/L、胡萝卜 500 g/L, 其中生长速度胡萝卜 > 香蕉 > 玉米芯; 菌丝浓度和边缘整齐度三者几乎相等; 气生菌丝量玉米芯 > 胡萝卜 = 香蕉; 成本由低到高依次为玉米芯、香蕉、胡萝卜。染菌率由低到高依次是玉米芯、胡萝卜、香蕉。综合考虑成本控制等各种因素, 最佳的碳源种类及浓度为玉米芯 450 g/L。

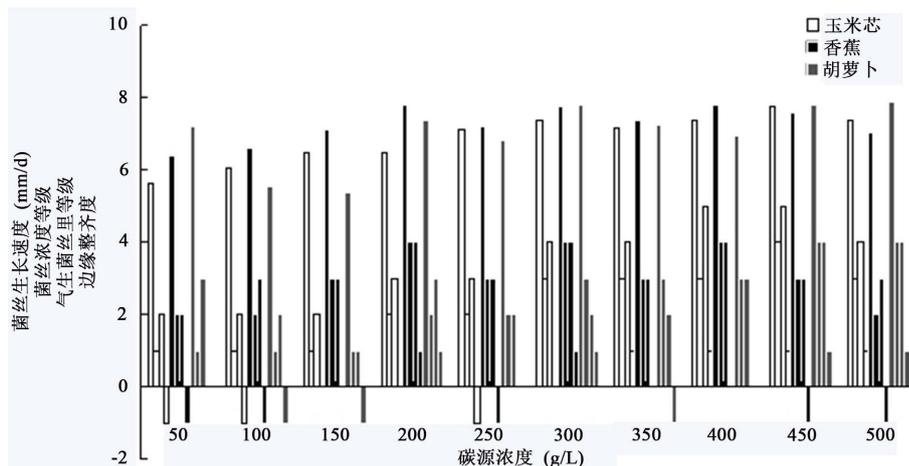


Figure 1. Effects of different carbon source types and concentrations on the mycelial growth of *P. eryngii*

图 1. 不同碳源种类及浓度对杏鲍菇菌丝生长的影响

3.1.2. 不同氮源及浓度对杏鲍菇菌丝生长的影响

该试验条件是以固定碳源种类和浓度条件的前提下，探索不同种类、不同浓度的氮源对杏鲍菇菌丝生长的影响，结果见图 2。

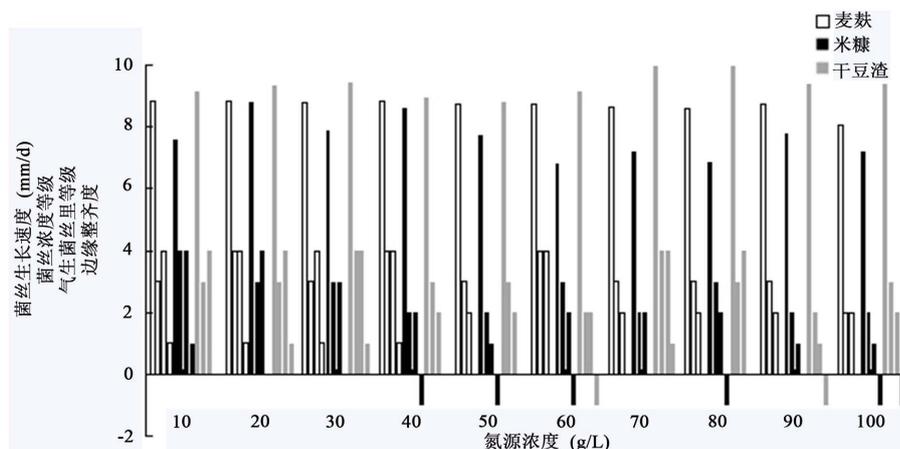


Figure 2. Effect of different nitrogen source types and concentrations on the mycelial growth of *P. eryngii*

图 2. 不同氮源种类和浓度对杏鲍菇菌丝生长的影响

在不同的氮源中，最适合杏鲍菇菌丝生长的为麦麸 40 g/L、干豆渣 70 g/L、细米糠 10 g/L，生长速度为干豆渣 > 麦麸 > 细米糠；菌丝浓度和边缘整齐度为干豆渣 = 麦麸 > 细米糠；气生菌丝量为麦麸 > 干豆渣 > 细米糠；成本由低到高依次是麦麸、细米糠、干豆渣。因为干豆渣需要经过 15 h 左右烘干，增加了成本和时间，而且其中的含水量难以控制，因此综合各方面因素考虑，在培养基中玉米芯添加量为 450 g/L 时，最适氮源和浓度是麦麸 40 g/L。

3.1.3. 不同无机盐及浓度对杏鲍菇菌丝生长的影响

本试验条件在以固定种类和浓度的碳、氮源前提下，探索不同无机盐种类及浓度对杏鲍菇菌丝生长的影响，结果见图 3。

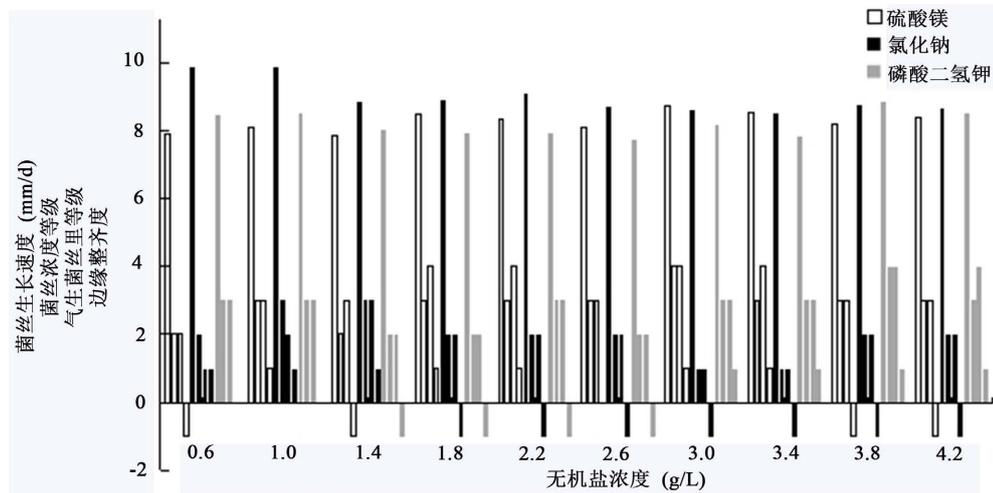


Figure 3. Effects of different types and concentrations of inorganic salts on the mycelial growth of *P. eryngii*
图 3. 不同无机盐种类及浓度对杏鲍菇菌丝生长的影响

在不同无机盐及浓度中,最适合杏鲍菇菌丝生长的为 MgSO_4 3.0 g/L, NaCl 1.0 g/L, KH_2PO_4 3.8 g/L。其中,生长速度快慢排序为 $\text{NaCl} > \text{MgSO}_4 > \text{KH}_2\text{PO}_4$, 菌丝浓度和边缘整齐度排序为 $\text{MgSO}_4 > \text{KH}_2\text{PO}_4 > \text{NaCl}$, 气生菌丝量的大小排序为 $\text{MgSO}_4 > \text{NaCl} > \text{KH}_2\text{PO}_4$ 。虽然 NaCl 的生长速度是最快的,但是由于其菌丝浓度较低,三者的成本不考虑,经过综合考虑,杏鲍菇菌丝生长的最适无机盐种类和浓度是 MgSO_4 3.0 g/L。

3.2. 单因素试验

3.2.1. 玉米芯添加量对杏鲍菇菌丝生长情况的影响

不同玉米芯添加量对杏鲍菇母种菌丝生长的影响结果见图 4。

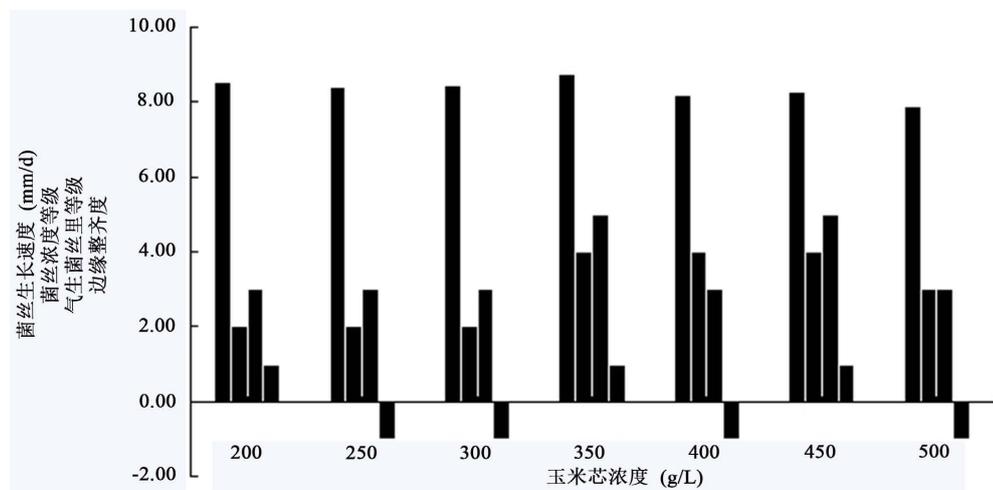


Figure 4. Single factor experiment with corn cobs as variables
图 4. 玉米芯为变量的单因素实验

根据菌丝的生长速度、菌丝浓度、气生菌丝量、边缘整齐度四个为判断指标,对比得出菌丝生长速度在玉米芯添加量为 350 g/L 时最快,其次为 200 g/L、300 g/L,最快生长速度是 8.75 mm/d。菌丝浓度

在玉米芯添加量为 350 g/L、400 g/L、450 g/L 时最好。气生菌丝量在玉米芯添加量为 350 g/L、450 g/L 时最好。边缘整齐度在玉米芯添加量为 200 g/L、350 g/L、450 g/L 时生长整齐, 结合以上分析得出在玉米芯添加量为 350 g/L 时菌丝生长状况处于最优状态, 因此单因素试验下玉米芯的最适添加量为 350 g/L。

3.2.2. 麦麸添加量对杏鲍菇菌丝生长情况的影响

不同麦麸添加量对杏鲍菇菌丝生长的影响结果见图 5。

按 2.2.1 的判断指标和方法分析对比可知, 麦麸在浓度为 60 g/L 时, 菌丝生长状况处于最优状态, 因此单因素试验下麦麸的最适添加量为 60 g/L。

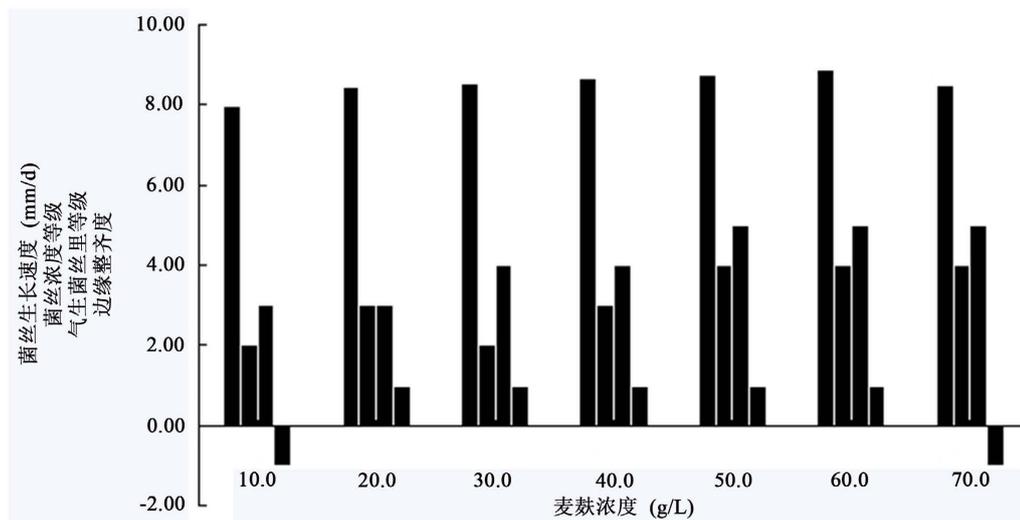


Figure 5. Single factor experiment with wheat bran concentration as a variable

图 5. 麦麸浓度为变量的单因素试验

3.2.3. 硫酸镁浓度对杏鲍菇菌丝生长情况的影响

不同硫酸镁浓度对杏鲍菇菌丝生长的影响结果见图 6。

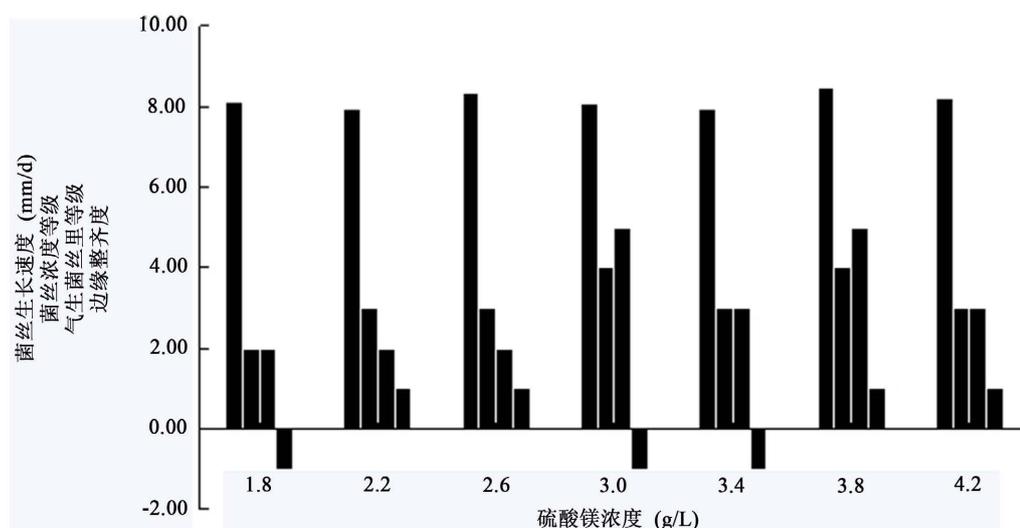


Figure 6. Single factor experiment with magnesium sulfate concentration as a variable

图 6. 硫酸镁浓度为变量的单因素试验

按 2.2.1 的判断指标和方法分析对比可知, 当硫酸镁浓度为 3.8 g/L 时, 菌丝生长状况最好, 因此单因素试验下硫酸镁的最适浓度为 3.8 g/L。

3.3. 正交试验

在单因素试验的基础上, 保持培养基中葡萄糖 20 g、琼脂 20 g 不变。以玉米芯添加量、麦麸添加量、硫酸镁添加量三个因素为研究对象, 以杏鲍菇菌丝的生长速度、菌丝浓度、气生菌丝量和边缘整齐度为评价指标, 选用 $L_{16}(4^5)$ 型正交表进行试验, 以获得最佳的杏鲍菇母种培养基配方, 结果见表 2 和表 3。

Table 2. Orthogonal experimental results of mycelial growth rate of mother strain of *P. eryngii*

表 2. 杏鲍菇母种菌丝生长速度的正交实验结果

试验号	A 玉米芯(g/L)	B 麸皮(g/L)	C 硫酸镁(g/L)	菌丝生长速度(mm/d)
1	1	1	1	8.54
2	1	2	2	8.17
3	1	3	3	8.46
4	1	4	4	8.25
5	2	1	2	7.96
6	2	2	1	8.17
7	2	3	4	8.08
8	2	4	3	8.17
9	3	1	3	8.42
10	3	2	4	8.75
11	3	3	1	8.29
12	3	4	2	8.42
13	4	1	4	8.21
14	4	2	3	8.17
15	4	3	2	8.17
16	4	4	1	8.04
T ₁	33.42	33.13	33.04	$\Sigma = 132.25$
T ₂	32.38	33.25	32.71	
T ₃	33.88	33.00	33.21	
T ₄	32.58	32.88	33.29	
X ₁	8.35	8.28	8.26	
X ₂	8.09	8.31	8.18	
X ₃	8.47	8.25	8.30	
X ₄	8.15	8.22	8.32	
R	0.26	0.03	0.15	

注: T 为总值, X 为均值, R 为极值。

由表 2 可知, 各极值大小顺序为 $A > C > B$, 其中 A 影响大于 B, C 影响大于 B, 极值 A、B 之间的差别较大。玉米芯添加量(A)和无机盐添加量(C)的极值分别居于第一、二位, 玉米芯添加量(A)是影响杏鲍菇菌丝生长状况的关键因子, 而无机盐添加量(C)和麦麸添加量(B)的影响较小。根据各种试验因子的总和以及均值可以看出, 当杏鲍菇母种培养基配方为 $A_3B_2C_4$ 时, 杏鲍菇母种菌丝生长速度最快, 与试验号 10 的结果相符, 其次为试验号 3、9、12。

Table 3. Comparison of mycelial growth in orthogonal experiments

表 3. 正交实验的菌丝长势比较

试验号	菌丝长势		
	菌丝浓度	气生菌丝量	边缘整齐度
1	+	少	较整齐
2	++	较少	较整齐
3	++	较少	较整齐
4	+	少	不整齐
5	++	少	不整齐
6	+	少	不整齐
7	+++	合适	不整齐
8	++++	合适	较整齐
9	+++	多	整齐
10	+++++	多	整齐
11	++	合适	整齐
12	++	合适	不整齐
13	+++	合适	不整齐
14	++	较少	不整齐
15	+++++	较多	较整齐
16	+++++	较多	较整齐

由表 3 可知, 菌丝长势最好的为试验号 10, 其次为试验号 15、16、9、8。综合分析结果可得出本实验条件下, 最适杏鲍菇母种培养基配方为玉米芯 450 g、麦麸 50 g、无机盐 4.2 g。

4. 讨论

在杏鲍菇母种培养基配方优化的过程中, 先通过对不同种类营养源的浓度进行筛选(单因素试验), 然后再根据单因素试验的结果进行正交试验。结合菌丝的生长情况和生长趋势进行比较分析可知, 单因素试验和正交试验结果的最适配方有一定的差异, 因此, 只有在进行了单因素实验后, 在 3 个因素中, 每个因素挑选出生长趋势较好的 4 个浓度进行正交, 才能确认这些因素综合在一起后, 真正适合杏鲍菇菌丝生长的营养源浓度, 最后才能获得最佳的试验结果。

节约资源能源是实现绿色发展的重要路径, 如何利用农业生产的废弃物进行食用菌栽培, 各地应根据当地的实际情况进行理性选择, 不能搞一刀切。桂西北是我国西南典型的喀斯特岩溶地区, 山多地少, 素有“八山一水一分田”之称, 石山坡地占耕地总面积的 2/3 以上, 因此主要以旱作农业为主。玉米是

当地的主要粮食作物，每年都有大量的玉米芯和玉米秆废弃在田间地头而没有得到很好的利用，所以资源浪费比较严重。因此，本研究使用玉米芯等当地大宗的农业生产下脚料作为杏鲍菇母种培养基的原料，取材方便，廉价易得，不仅可以有效控制成本，又可达废物利用的目的，有利于环境的保护和资源的重新利用。

5. 结论

通过单因素试验和正交试验的方法，筛选得到的杏鲍菇母种培养基优化配方及最佳培养条件分别为：葡萄糖 20 g/L，琼脂 20 g/L，玉米芯 450 g/L，麦麸 50 g/L，MgSO₄ 4.2 g/L，接种菌块大小为 6 mm，培养时间为 8 d，培养温度为 25℃。

基金项目

桂西北地方资源保护与利用工程中心(桂教科研[2012] 9 号)，河池学院高层次人才科研启动费项目(XJ2018GKQ015, XJ2018GKQ016)。

参考文献

- [1] 郭智, 牛长满, 张福元. 杏鲍菇母种培养基优化试验[J]. 食用菌, 2005, 27(1): 23-24.
- [2] 柴美清, 原佳敏, 韩鹏远. 母种培养基对杏鲍菇菌丝生长的影响[J]. 山西农业科学, 2012, 40(2): 105-106, 119.
- [3] 胡汝晓. 我国杏鲍菇产业发展现状与建议[J]. 中国食用菌, 2016, 35(5): 1-5.
- [4] 陈亚蓝, 任双, 侯贺丽, 等. 杏鲍菇生物功能成分分析及产品开发[J]. 现代食品, 2020(16): 125-127, 143.
- [5] 晏爱芬, 余丽, 孙雪. 杏鲍菇母种培养基的碳源和氮源优化[J]. 保山学院学报, 2020, 39(2): 9-12.
- [6] 王爱仙. 不同碳氮比配方上杏鲍菇菌丝生长观察[J]. 食用菌, 2011, 33(2): 31-32.
- [7] 牛长满. 杏鲍菇栽培料的生物转化和高产料处理因子机理的研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西农业大学, 2004.
- [8] 王振河, 武忠伟, 王斌, 等. 杏鲍菇菌丝营养生理特性研究[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2007, 35(4): 139-143.
- [9] 赵俊霞, 王立安, 齐志广. 四种食用菌母种培养基的筛选[J]. 食用菌, 2003, 25(2): 18, 20.
- [10] 官志远, 于淑芳, 曲玲. 营养和环境条件对杏鲍菇菌丝生长的影响[J]. 食用菌学报, 2002, 9(3): 13-17.
- [11] 金萍, 俞英. 培养条件对杏鲍菇菌丝生长的影响[J]. 苏州科技学院学报(自然科学版), 2007, 24(1): 59-62.
- [12] 袁华伟, 陶涛, 周敏, 等. 豆渣固态发酵培养杏鲍菇菌丝体[J]. 宜宾学院学报, 2018, 18(12): 65-69.
- [13] 韩春华. 杏鲍菇碳氮营养生理的研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2003.
- [14] 刘慧铭. 不同配方培养基对杏鲍菇菌丝生长的影响[J]. 中国瓜菜, 2007(3): 10-12.
- [15] 梁建光, 董洪新, 张树义. 杏鲍菇菌丝生长营养条件的初步研究[J]. 食用菌, 2006, 28(3): 12-13.
- [16] 郝涤非. 杏鲍菇原种及栽培种培养试验[J]. 北方园艺, 2014(14): 149-151.
- [17] 郭树凡, 魏杰, 李辉. 杏鲍菇菌丝生长条件的研究[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2006, 33(2): 118-120.
- [18] 潘嘉平, 刘淑艳, 姜楠, 等. 花生壳培养基对杏鲍菇菌丝生长的影响[J]. 菌物研究, 2011, 9(1): 50-53.
- [19] Dai, Y.J., Wang, L.M., Jiang, Z.F., et al. (2014) The Effect of Cultivation Material C/N Ratio on the Growth and Biological Conversion Rate of *Pleurotus eryngii* Mycelium. In: Zheng, F.L., Ed., *Biotechnology, Agriculture, Environment and Energy*, CRC Press, Boca Raton, 84-87. <https://doi.org/10.1201/b17720-19>
- [20] 安显水, 李才臻, 申鸿, 等. 不同食用菌菌种桑枝培养条件筛选研究[J]. 蚕学通讯, 2012, 32(3): 6-9.
- [21] 王秀艳. 子实体组织分离法制备食用菌母种[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2016, 32(17): 13-14.
- [22] Melanouri, E.M., Dedousi, M. and Diamantopoulou, P. (2022) Cultivating *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* Mushroom Strains on Agro-Industrial Residues in Solid-State Fermentation. *Carbon Resources Conversion*, 5, 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2021.12.005>
- [23] 田景花, 李明, 王俊玲, 等. 杏鲍菇菌种培养基配方筛选研究[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(2): 25-28.

-
- [24] 刘宇, 陈文良, 林秀敏, 等. 不同培养基对杏鲍菇菌丝生长的影响[J]. 中国食用菌, 2004, 23(5): 22-24.
- [25] 方白玉, 方晓霞. 杏鲍菇母种培养基优化及组织分离母种比较试验[J]. 食用菌, 2011, 33(4): 29-30.
- [26] 张之印, 信恒杰, 郭延习. 利用农业废弃物栽培杏鲍菇、双孢菇技术[J]. 农村百事通, 2009(15): 39.
- [27] 田璐, 汪立平. 利用柿子皮混菌发酵制备果醋及品质分析[J]. 食品科学, 2016, 37(19): 197-203.
- [28] 范博文. 玉米废弃物基料化利用及菌渣作为水稻育秧基质的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2018.
- [29] 李晓贝. 杏鲍菇品种、栽培工艺及干制方式对其风味物质产生的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海应用技术学院, 2014.
- [30] 曹力凡, 毋柳柳, 孟丽. 胡萝卜、香菇根对杏鲍菇母种菌丝生长的影响[J]. 现代园艺, 2018(13): 8-10.
- [31] 秦丽媛. 天麻萌发菌小菇生长条件及其多样性研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南大学, 2018.
- [32] 熊昱静. 云芝品种筛选及初步栽培技术研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2021.