



吴悦,陆源添,卯明娟,等.紫孢侧耳培养条件的优化研究[J].黑龙江农业科学,2024(7):67-73,74.

紫孢侧耳培养条件的优化研究

吴悦,陆源添,卯明娟,石晶晶,付琦,王瑞,康晟苑,刘迪

(延边大学农学院,吉林延吉 133000)

摘要:紫孢侧耳是食药兼用真菌,营养丰富且具有多种药用功效,为了进一步开发这一自然资源,通过单因素试验和正交试验对实验室保存的一株紫孢侧耳菌种进行生长特性研究,确定培养基的最佳配方。结果表明,在6种供试碳源中,紫孢侧耳菌丝以利用多糖即淀粉生长最好,淀粉最佳添加量为 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;在6种供试氮源中,菌丝在有有机氮源中的长势更好,其中以添加酵母浸粉的最佳,酵母浸粉最佳添加量为 $8\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;MgSO₄添加量对菌丝的生长影响较小,则MgSO₄最适添加量为 $0.2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;KH₂PO₄添加量对菌丝的生长影响不显著,则KH₂PO₄添加量为 $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;菌丝在pH5~9范围内均能正常生长,最适pH为7。

关键词:紫孢侧耳;生长特性;培养基

紫孢侧耳(*Pleurotus sapidus*)隶属于担子菌门(Basidiomycota)、伞菌纲(Agaricomycetes)、伞菌目(Agaricales)、侧耳科(Pleurotaceae)、侧耳属(*Pleurotus*),又称美味侧耳^[1-2]。侧耳属真菌种类繁多、分布广泛,在亚洲、欧洲、北美洲、南美洲、非洲和大洋洲均有分布^[3]。截止到2023年11月28日,侧耳属下已有773个名称条目(<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>),然而被广泛接受的物种仅约50种^[4]。我国侧耳属真菌资源十分丰富,现已发现的该属真菌有36种,其中包括野生的和引种栽培的。紫孢侧耳在我国大部分地区均有分布,主要生长于春秋季节的阔叶树木的枯木上,具有丰富的营养、鲜美的口感和快速繁殖的特点,目前已广泛实现大规模人工栽培^[5-7]。

侧耳属真菌内含有多糖、氨基酸、蛋白质、脂肪酸等营养物质,这些生物活性成分具有增强机体免疫力、延缓衰老、抗疲劳、抗肿瘤、调节血糖、调节血脂和化学预防等重要作用^[8-11]。侧耳属真菌具有一定的药用价值和保健作用,是一类药用潜力巨大、食用价值极高的食用菌^[12-13]。紫孢侧耳为食药兼用的真菌,具有增强体质、促进代谢、降低血压和血液中的胆固醇等功效^[14-15]。紫孢侧耳是一种市场前景广阔的食用菌品种^[2],培育并驯化出优质的食用菌品种,将对产业的发展起到至关重要的作用。但目前对紫孢侧耳栽培条件的优化还存在着较大的限制,制约其产业化、规模化。因此,为了更好地明确紫孢侧耳菌的生长发

育基础并了解其营养特性,本研究采用单因素试验和正交试验对不同碳源、氮源的种类及添加量进行了研究,以及探究KH₂PO₄、MgSO₄添加量和pH对紫孢侧耳菌丝生长的影响,旨在为紫孢侧耳的栽培培养以及菌种的可持续利用提供理论依据,并为紫孢侧耳的规模化和产业化发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌种 供试紫孢侧耳菌种(BLZ),保存于延边大学农学院食(药)用真菌研究所。

1.1.2 培养基 PDA培养基:马铃薯 $200\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,葡萄糖 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,琼脂 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

基础培养基:葡萄糖 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,酵母浸粉 $5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,琼脂 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,MgSO₄ $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,KH₂PO₄ $1.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

1.2 方法

1.2.1 菌种活化 将菌种从4℃冰箱中取出,置于室温下2h,在超净工作台中,用接种铲铲取 $0.5\text{ cm}\times 0.5\text{ cm}$ 左右的菌块转接到配制好的PDA培养基平板的中央,倒置于28℃恒温培养箱中进行暗培养,空气相对湿度80%,6d左右菌丝即可长满平板备用。

1.2.2 碳源种类及淀粉添加量筛选 以无碳源的基础培养基作为空白对照组,在试验组中分别添加 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的葡萄糖、乳糖、蔗糖、淀粉、果糖和麦芽糖,研究不同碳源种类对紫孢侧耳菌丝生长的影响。

收稿日期:2023-11-20

基金项目:国家重点研发计划课题子课题(2017YFD0300104-02);中韩国际农业技术合作项目(延大横向[2019]第19号)。

第一作者:吴悦(1999-),女,硕士研究生,从事食用菌栽培育种研究。E-mail: 2597558936@qq.com。

通信作者:刘迪(1973-),男,博士,副教授,从事菌物发育生物学相关研究。E-mail: liudi@ybu.edu.cn。

分别向基础培养中添加淀粉 5, 10, 20, 30 和 40 g·L⁻¹, 研究不同淀粉添加量对紫孢侧耳菌丝生长的影响。

1.2.3 氮源种类及酵母浸粉添加量筛选 以无氮源的基础培养基为空白对照组, 在试验组中分别添加 5 g·L⁻¹ 的硝酸铵、硫酸铵、氯化铵、蛋白胨、酵母浸粉和牛肉膏, 研究不同氮源种类对紫孢侧耳菌丝生长的影响。

分别向基础培养中添加酵母浸粉 2, 5, 8, 11 和 14 g·L⁻¹, 研究不同酵母浸粉添加量对紫孢侧耳菌丝生长的影响。

1.2.4 pH 筛选 用 1.0 mol·L⁻¹ 的 HCl 和 NaOH 调基础培养基的 pH 至 5, 6, 7, 8 和 9, 研究不同 pH 对紫孢侧耳菌丝生长的影响。

1.2.5 MgSO₄ 添加量筛选 分别向基础培养基中添加 MgSO₄ 0.2, 0.5, 0.8, 1.1 和 1.4 g·L⁻¹, 研究 MgSO₄ 添加量对紫孢侧耳菌丝生长的影响。

1.2.6 KH₂PO₄ 添加量筛选 分别向基础培养中添加 KH₂PO₄ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 和 2.5 g·L⁻¹, 研

究不同 KH₂PO₄ 添加量对紫孢侧耳菌丝生长的影响。

1.2.7 接种及生长速度测定 在超净工作台中, 将活化好的菌种, 用直径 9 mm 的打孔器沿着菌落边缘往里 0.5 cm 处打孔, 保持菌块菌龄基本一致。将菌块接种于相应的平板培养基的中心, 倒置于 28 °C 恒温培养箱中进行暗培养, 空气相对湿度 80%。待其中一组处理组的菌丝快长满平板时, 使用“十”字交叉法测定各处理组平板上菌落的直径。

菌丝生长速度 (V, mm·d⁻¹) 的计算公式如下,

$$V = (A - B) / D$$

式中, A 为测量的菌落直径 (mm); B 为接种菌块的直径 (mm); D 为培养时间 (d)。

1.2.8 正交试验 根据单因素试验结果, 对淀粉、酵母浸粉、pH、MgSO₄、KH₂PO₄ 进行 L₁₆(3⁵) 5 因素 3 水平的正交试验, 试验因素和水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平设计

水平	因素				
	A 淀粉 / (g·L ⁻¹)	B 酵母浸粉 / (g·L ⁻¹)	C MgSO ₄ / (g·L ⁻¹)	D KH ₂ PO ₄ / (g·L ⁻¹)	E pH
1	10	5	0.2	0.5	7
2	20	8	0.5	1.0	8
3	30	11	0.8	1.5	9

1.2.9 数据分析 采用 Excel 2019 进行数据整理, 利用 SPSS 26.0 软件进行单因素方差分析, 试验结果以平均值±标准差表示, 每个处理 3 次重复。

2 结果与分析

2.1 不同碳源种类对菌丝生长的影响

由表 2 和图 1 可知, 从日平均生长速度来看, 以淀粉为碳源的试验组内的菌丝生长速度最快, 以葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、果糖为碳源的试验组及对照组次之, 以乳糖为碳源的试验组内的菌丝生长最慢。从菌落形态来看, 对照组和试验组的菌落颜色都是从黄色到白色生长; 试验组菌丝边缘规整且浓密, 对照组菌丝边缘不规整且稀疏。根据菌丝生长速率、菌落形态及显著性分析结果综合考

虑, 确定淀粉为紫孢侧耳菌丝生长最适合的碳源。

表 2 不同碳源种类对菌丝生长的影响

碳源	日平均生长速度 / (mm·d ⁻¹)	菌丝长势	边缘整齐度
无碳源(CK)	4.59±0.35 b	++	较齐整
葡萄糖	4.51±0.35 b	+++	齐整
蔗糖	4.95±0.28 b	+++	齐整
麦芽糖	4.88±0.19 b	+++	齐整
可溶性淀粉	5.48±0.17 a	+++	齐整
乳糖	3.96±0.22 c	+++	齐整
果糖	4.71±0.22 b	+++	齐整

注: “+”表明菌丝生长较弱; “++”表明菌丝生长正常; “+++”表明菌丝生长旺盛。不同小写字母表示不同碳源间存在显著性差异 (P<0.05)。下同。

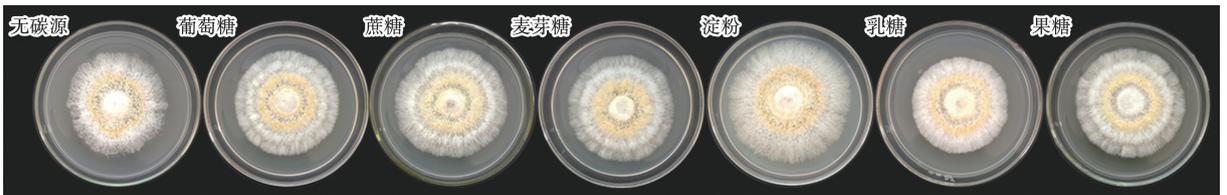


图 1 不同碳源种类下菌落的生长状态

2.2 不同淀粉添加量对菌丝生长的影响

由表 3 和图 2 可知,从日平均生长速度来看,菌丝生长最快的是淀粉添加量为 20,30 和 40 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,生长速度分别为 6.11,6.00 和 6.04 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 。其次为 5 和 10 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,生长速度分别为 5.54 和 5.68 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 。可见随着淀粉添加量的增加,菌丝的生长速度不断增大,20 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 生长速度达到最大。除了淀粉添加量为 5 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时菌丝生长正常,其余菌丝都是生长旺盛。综合考虑菌丝生长速率、菌落形态及显著性分析结果,确定紫孢侧耳

菌丝生长最适淀粉添加量为 20 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

表 3 淀粉添加量对菌丝生长的影响

淀粉添加量/ ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	日平均生长速度/ ($\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$)	菌丝 长势	边缘 整齐度
5	5.54±0.18 b	++	齐整
10	5.68±0.02 b	+++	齐整
20	6.11±0.13 a	+++	齐整
30	6.00±0.17 a	+++	齐整
40	6.04±0.08 a	+++	齐整

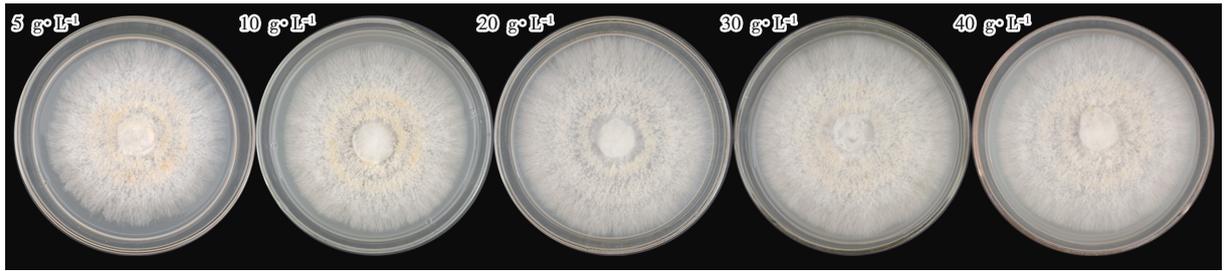


图 2 不同淀粉添加量下菌落的生长状态

2.3 不同氮源种类对菌丝生长的影响

由表 4 和图 3 可知,从日平均生长速度来看,在添加酵母浸粉和牛肉膏为氮源时,试验组内的菌丝生长最快;以添加蛋白胨和硫酸铵为氮源的试验组次之;以添加硝酸铵和氯化铵作为氮源时,试验组内的菌丝生长较差;生长最差的是对照组。在有机氮源中,添加酵母浸粉、牛肉膏和蛋白胨的培养基中紫孢侧耳菌丝生长旺盛、边沿整齐,其中添加酵母浸粉的培养基中菌丝的生长速度最快,且 3 种添加有机氮源的培养基中的菌丝日平均生长速度明显高于添加无机氮源的培养基中的菌丝;在无机氮源中,含硝酸氨、硫酸铵和氯化铵的培养基中菌丝生长稀疏,长势缓慢;对照组中菌丝

生长最差。综合考虑菌丝生长速率、菌落形态及显著性分析结果,确定酵母浸粉为紫孢侧耳菌丝生长最适合的氮源。

表 4 不同氮源种类对菌丝生长的影响

氮源	日平均生长速度/ ($\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$)	菌丝 长势	边缘 整齐度
无氮源(CK)	2.44±0.18 d	—	—
硝酸铵	3.10±0.07 c	+	齐整
硫酸铵	3.18±0.09 bc	+	齐整
氯化铵	2.99±0.04 c	+	齐整
蛋白胨	3.51±0.30 b	++	齐整
酵母浸粉	4.83±0.32 a	+++	齐整
牛肉膏	4.55±0.13 a	+++	齐整

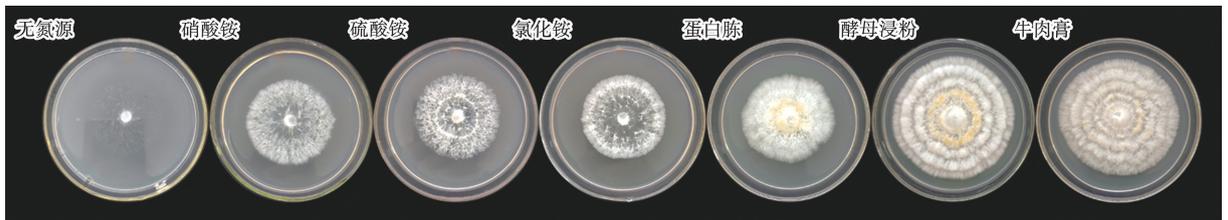


图 3 不同氮源种类下菌落的生长状态

2.4 不同酵母浸粉添加量对菌丝生长的影响

由表 5 和图 4 可知,从日平均生长速度来看,酵母浸粉添加量为 5,8 和 11 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时菌丝生长较快,生长速度分别为 5.57,5.71 和 5.82 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

其次为 2 和 14 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,生长速度分别为 5.25 和 5.21 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 。可见随着酵母浸粉添加量的增加,菌丝的生长速度不断增大,11 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时生长速度达到最大。除了酵母浸粉添加量为 2 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时

菌丝生长正常,其余菌丝都是生长旺盛。综合考虑菌丝生长速率、菌落形态及显著性分析结果,

确定紫孢侧耳菌丝生长最适合酵母浸粉添加量为 $8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

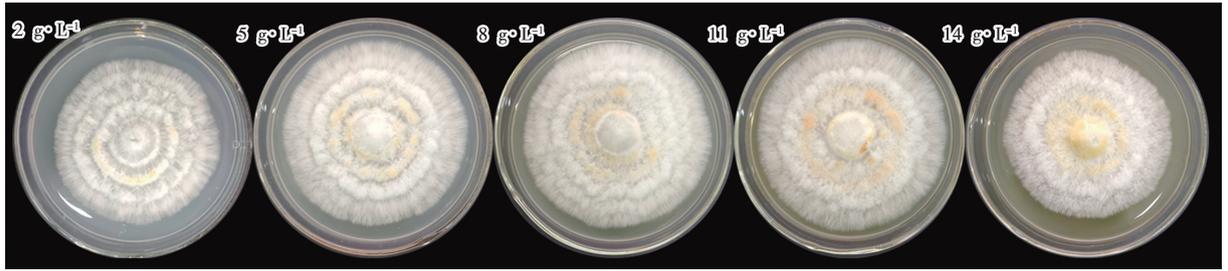


图4 不同酵母浸粉添加量下菌落的生长状态

表5 酵母浸粉添加量对菌丝生长的影响

酵母浸粉添加量/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	日平均生长速度/ ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)	菌丝 长势	边缘 整齐度
2	$5.25 \pm 0.15 \text{ bc}$	++	齐整
5	$5.57 \pm 0.05 \text{ ab}$	+++	齐整
8	$5.71 \pm 0.07 \text{ a}$	+++	齐整
11	$5.82 \pm 0.15 \text{ a}$	+++	齐整
14	$5.21 \pm 0.33 \text{ c}$	+++	齐整

2.5 不同 pH 对菌丝生长的影响

由表6和图5可知,在不同pH条件下紫孢侧耳菌丝均可旺盛生长,边缘齐整,但生长速度存在差异,pH为8,9和6的菌丝生长速度较快,pH为7和5生长速度较慢。其中pH为8,9,6时,菌丝生长速度无显著差异,生长速度依次为4.92,4.85和 $4.80 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$;其次pH为7,即中性时,菌

丝生长速度为 $4.65 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$,其生长速度与pH为6和9时无显著差异。pH为5时,生长速度最慢,为 $4.31 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。综合考虑菌丝生长速率、菌落形态及显著性分析结果,确定pH为8~9均有利于菌株BLZ菌丝的生长,说明菌株BLZ更适宜生长在偏碱性的环境中。

表6 不同 pH 对菌丝生长的影响

pH	日平均生长速度/ ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)	菌丝 长势	边缘 整齐度
5	$4.31 \pm 0.06 \text{ c}$	+++	齐整
6	$4.80 \pm 0.18 \text{ ab}$	+++	齐整
7	$4.65 \pm 0.10 \text{ b}$	+++	齐整
8	$4.92 \pm 0.07 \text{ a}$	+++	齐整
9	$4.85 \pm 0.11 \text{ ab}$	+++	齐整

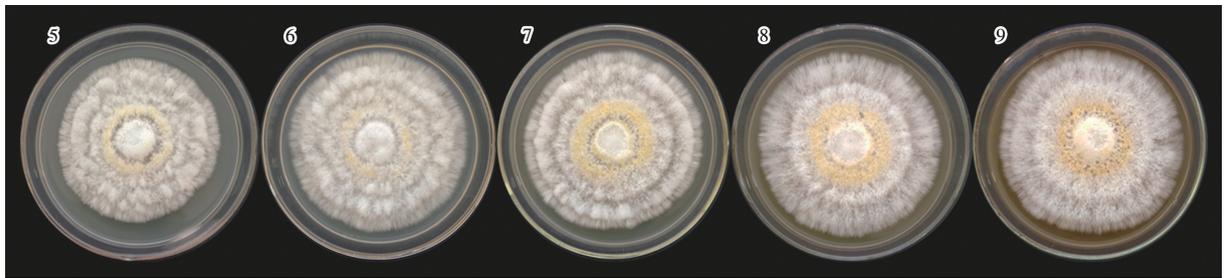


图5 不同 pH 下菌落的生长状态

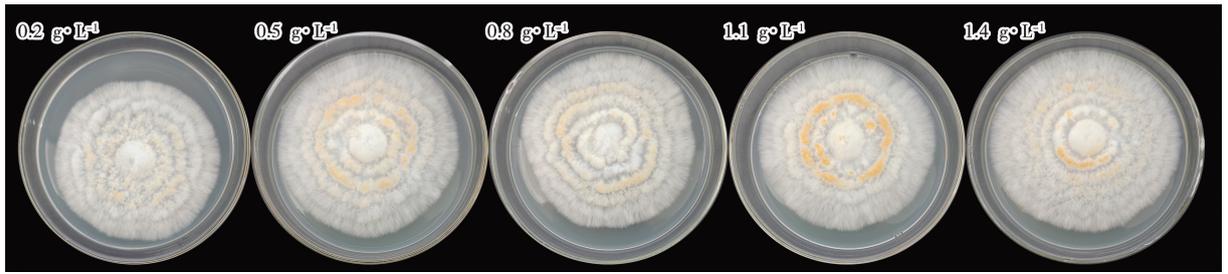
2.6 不同 MgSO_4 添加量对菌丝生长的影响

由表7和图6可知,在不同 MgSO_4 添加量条件下紫孢侧耳菌丝均可生长,且菌丝生长均旺盛,边缘齐整,但生长速度存在差异。其中添加量为0.5,0.8,1.1和 $1.4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,菌丝生长速度无显著差异,生长速度依次为5.28,5.11,5.17和 $5.30 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$;添加量为 $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,生长速度最慢,为 $4.97 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。综合考虑菌丝生长速率、菌落形态及显著性分析结果,确定紫孢侧耳菌

丝生长最适 MgSO_4 添加量为 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

表7 不同 MgSO_4 添加量对菌丝生长的影响

MgSO_4 添加量/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	日平均生长速度/ ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)	菌丝 长势	边缘 整齐度
0.2	$4.97 \pm 0.06 \text{ c}$	+++	齐整
0.5	$5.28 \pm 0.19 \text{ a}$	+++	齐整
0.8	$5.11 \pm 0.18 \text{ ab}$	+++	齐整
1.1	$5.17 \pm 0.08 \text{ ab}$	+++	齐整
1.4	$5.30 \pm 0.16 \text{ a}$	+++	齐整

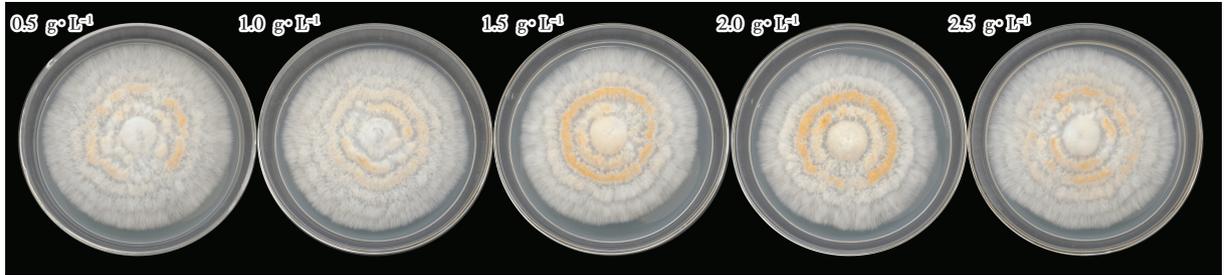
图6 不同 $MgSO_4$ 添加量下菌落的生长状态

2.7 不同 KH_2PO_4 添加量对菌丝生长的影响

由表8和图7可知,在不同 KH_2PO_4 添加量条件下紫孢侧耳菌丝均可生长,且菌丝生长均旺盛,边缘齐整,且生长速度均不存在显著性差异。综合考虑菌丝生长速率、菌落形态及显著性分析结果,确定紫孢侧耳菌丝生长最适 KH_2PO_4 添加量为 $1.0 g \cdot L^{-1}$ 。

表8 不同 KH_2PO_4 添加量对菌丝生长的影响

KH_2PO_4 添加量/ ($g \cdot L^{-1}$)	日平均生长速度/ ($mm \cdot d^{-1}$)	菌丝 长势	边缘 整齐度
0.5	5.29 ± 0.10 a	+++	齐整
1.0	5.40 ± 0.14 a	+++	齐整
1.5	5.23 ± 0.13 a	+++	齐整
2.0	5.22 ± 0.05 a	+++	齐整
2.5	5.27 ± 0.11 a	+++	齐整

图7 不同 KH_2PO_4 添加量下菌落的生长状态

2.8 正交试验优化培养条件

由表9、表10可知,5个因素的影响主次顺序为: $E > D > A > B > C$, 得到最优组合为 $A2B2C1D1E1$, 即可溶性淀粉 $20 g \cdot L^{-1}$ 、酵母浸粉 $8 g \cdot L^{-1}$ 、 $MgSO_4$ $0.2 g \cdot L^{-1}$ 、 KH_2PO_4 $0.5 g \cdot L^{-1}$ 、

pH为7。其中pH对菌丝生长速度达到了极显著水平,淀粉、酵母浸粉和 KH_2PO_4 浓度对菌丝生长速度达到了显著水平, $MgSO_4$ 不显著。利用最优组合进行验证试验,结果显示菌丝的生长速度为 $6.43 \pm 0.02 mm \cdot d^{-1}$, 菌株长势旺盛(图8)。

表9 正交试验结果

项目	因素					生长速度/ ($mm \cdot d^{-1}$)
	A 淀粉/ ($g \cdot L^{-1}$)	B 酵母浸粉/ ($g \cdot L^{-1}$)	C $MgSO_4$ / ($g \cdot L^{-1}$)	D KH_2PO_4 / ($g \cdot L^{-1}$)	E pH	
1	20	8	0.5	1.0	7	4.79
2	20	5	0.8	0.5	9	2.48
3	10	8	0.8	0.5	8	4.72
4	30	11	0.8	1.5	7	4.71
5	10	5	0.2	0.5	7	4.98
6	10	5	0.5	1.5	7	4.48
7	30	5	0.5	0.5	9	2.29
8	10	11	0.2	1.0	9	1.16
9	10	11	0.5	0.5	8	4.06
10	20	11	0.2	0.5	7	5.22
11	30	5	0.2	1.0	8	4.81
12	20	5	0.2	1.5	8	4.62
13	10	5	0.8	1.0	7	4.56
14	30	8	0.2	0.5	7	5.29

表 9 (续)

项目	因素					生长速度/ (mm·d ⁻¹)
	A 淀粉/(g·L ⁻¹)	B 酵母浸粉/(g·L ⁻¹)	C MgSO ₄ /(g·L ⁻¹)	D KH ₂ PO ₄ /(g·L ⁻¹)	E pH	
15	10	5	0.2	0.5	7	4.97
16	10	8	0.2	1.5	9	1.97
k ₁	3.861	4.147	4.125	4.250	4.874	
k ₂	4.276	4.191	3.905	3.827	4.550	
k ₃	4.273	3.786	4.115	3.943	1.971	
R	0.415	0.405	0.221	0.423	2.903	

表 10 方差分析结果

源	III类平方和	自由度	均方	F	显著性
修正模型	25.485	10	2.549	86.523	0**
截距	145.673	1	145.673	4945.621	0
A	0.685	2	0.342	11.624	0.013*
B	0.429	2	0.214	7.280	0.033*
C	0.144	2	0.072	2.451	0.181
D	0.556	2	0.278	9.433	0.02*
E	23.672	2	11.836	401.825	0**
误差	0.147	5	0.029		
总计	290.590	16			
修正后总计	25.632	15			

$R^2=0.994$ (调整后 $R^2=0.983$)

注：*表示在 $P<0.05$ 水平差异显著；**表示在 $P<0.01$ 水平差异极显著。



图 8 验证试验菌落的生长状态

3 讨论

碳源是培养基最主要的组成成分之一,是食用菌最重要的、需求量最大的营养源,食用菌细胞结构的构成物质,能够为微生物的生命活动提供能量^[16-17]。而不同的食用菌对碳源种类的需求也不同^[18-19]。本研究发现紫孢侧耳对单糖、双糖和多糖均可以利用。通过对碳源种类的筛选,其最适碳源为淀粉。王军芳等^[16]对菌核侧耳菌丝生长的研究表明,最适合菌核侧耳生长的碳源为蔗糖。宋冰等^[2]对一株紫孢侧耳进行碳源种类筛选,其最适碳源为玉米粉。而这两个结论与本研究的结果不一致,这可能是由于菌株品种不同以及菌株的产地不同所导致。

氮源是食用菌合成核酸、蛋白质和酶的主要原料来源,在其生长发育过程中发挥着至关重要作用^[20-21]。本研究发现紫孢侧耳不添加氮源时

生长势很弱。而有机氮源比无机氮源更利于紫孢侧耳的生长及代谢。羊晨等^[22]通过对一株野生肺形侧耳生长特性的研究表明,最适合肺形侧耳菌丝生长的氮源为酵母粉,与本研究的结论一致。而宋冰等^[2]对一株野生紫孢侧耳的研究中,发现其最适合的氮源为牛肉膏,虽与本研究结果不同,但证明了紫孢侧耳能更好地利用有机氮源。

pH是食用菌主要的生长环境因素之一,对食用菌的生长发育和代谢影响较大^[23]。本研究发现紫孢侧耳在弱酸性和弱碱性条件下均能正常生长,其中以中性偏碱性生长更好。黄敏敏等^[24]发现适宜的pH对紫孢侧耳的品种福秀5669菌株的菌丝直径和锁状个数有显著的促进作用。本研究结果表明最适宜紫孢侧耳生长的pH为7,这与赵书雪等^[25]的结论一致。

无机盐是食用菌生长和发育的重要营养因子

之一,具有调节渗透压和调节酶活性的重要作用。本研究通过对 $MgSO_4$ 和 KH_2PO_4 的添加量进行研究,发现 $MgSO_4$ 添加量对紫孢侧耳菌丝的生长有显著影响,而 KH_2PO_4 对紫孢侧耳菌丝的生长速度则无显著影响。姜慧等^[26]通过研究 5 种无机盐对大球盖菇菌丝生长的影响,确定了 K^+ 和 Mg^{2+} 对菌丝的生长均有显著影响,其中 K^+ 的影响最为显著。 KH_2PO_4 还具有抑制菌丝老化的作用^[27]。郭美兰等^[28]通过研究无机盐离子对平菇生长的影响时,确定了添加低浓度硫酸镁能够明显促进平菇菌丝的生长。本研究中菌丝在 KH_2PO_4 添加量 $0.5\sim 2.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 内均生长旺盛,生长速度变化无差异,为此 KH_2PO_4 最适添加量为 $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。本研究对筛选的最优组合进行验证试验,结果显示菌丝的生长速度为 $6.43\pm 0.02\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$,菌株长势旺盛。说明本研究结果可为紫孢侧耳生产栽培提供更科学的理论依据。

4 结论

本研究通过单因素试验和正交试验分析紫孢侧耳菌丝生长特性,结果表明:在淀粉、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、果糖、乳糖 6 种供试碳源中,紫孢侧耳菌丝生长的最适碳源为淀粉,最适添加量为 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,其次为蔗糖,最差的为乳糖。在硫酸铵、硝酸铵、氯化铵、蛋白胨、酵母浸粉、牛肉膏 6 种供试氮源中,无机氮源的菌丝生长慢且较弱,而有机氮源的菌丝生长较快且正常或旺盛,菌丝生长的最适氮源为酵母浸粉,最适添加量为 $8\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。菌丝在 $\text{pH } 5\sim 9$ 范围均生长旺盛,说明紫孢侧耳的偏酸或偏碱性的环境中均能生长,而以偏碱性的环境生长更快些;正交结果表明紫孢侧耳最适 pH 为 7。菌丝在 $MgSO_4$ 添加量 $0.2\sim 1.4\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 内均生长旺盛,生长速度变化幅度较小,为此 $MgSO_4$ 最适添加量为 $0.2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。菌丝在 KH_2PO_4 添加量 $0.5\sim 2.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 内均生长旺盛,生长速度变化无显著差异,为此 KH_2PO_4 最适添加量为 $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。利用最优组合进行验证试验,结果显示菌丝的生长速度为 $6.43\pm 0.02\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$,菌株长势旺盛

参考文献:

- [1] 邹亚杰,张美敬,仇志恒,等.侧耳属真菌经济利用的研究进展[J].菌物学报,2015,34(4):541-552.
- [2] 宋冰,付永平,郭昱秀,等.一株野生侧耳属菌株的鉴定及生物学特性[J].北方园艺,2017(24):182-188.
- [3] 李静,图力古尔,杨祝良.侧耳属真菌的起源演化与物种识别研究进展[J].菌物研究,2022,20(4):235-245.
- [4] GUZMAN G. Genus *Pleurotus* (Jacq.: Fr.) P. kumm. (Agaricomycetidae): diversity, taxonomic problems, and cultural and traditional medicinal uses[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2000, 2(2): 29.
- [5] 郭炜,于洪久,张楠,等.不同氮碳源对秀珍菇菌丝生长的影响[J].黑龙江农业科学,2018(8):82-84.
- [6] 高居易,卓建亭,黄一红.紫孢侧耳多糖的提取、纯化及性质的研究[J].福建师范大学学报(自然科学版),1999,15(2):83-87.
- [7] 周向宇,潘坤,刘杰,等.一株野生肺形侧耳生物学特性研究[J].食用菌,2021,43(2):18-20.
- [8] IM K H, NGUYEN T K, SHIN D B, et al. Appraisal of antioxidant and anti-inflammatory activities of various extracts from the fruiting bodies of *Pleurotus Florida*[J]. Molecules, 2014, 19(3): 3310-3326.
- [9] LIN S L, LAI T C, CHEN L, et al. Antioxidant and antiangiogenic properties of phenolic extract from *Pleurotus tuber-regium*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(39): 9488-9498.
- [10] XU W W, LI B, LAI E T C, et al. Water extract from *Pleurotus pulmonarius* with antioxidant activity exerts *in vivo* chemoprophylaxis and chemosensitization for liver cancer[J]. Nutrition and Cancer, 2014, 66(6): 989-998.
- [11] 王晓岩,刘芳芳,包海鹰.三种侧耳提取物抗氧化活性及对小鼠免疫功能的影响[J].食用菌,2019,41(4):73-76.
- [12] ALAM N, AMIN R, KHAN A, et al. Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh-*Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus florida* and *Calocybe indica* [J]. Mycobiology, 2008, 36(4): 228-232.
- [13] KUNJADIA P D, NAGEE A, PANDYA P Y, et al. Medicinal and antimicrobial role of the oyster culinary-medicinal mushroom *Pleurotus ostreatus* (Higher Basidiomycetes) cultivated on banana agrowastes in India[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2014, 16(3): 227-238.
- [14] 韩杨,刘智,林卓,等.紫孢侧耳粗多糖对实验动物血脂和免疫功能的影响[J].长春中医药大学学报,2010,26(2):178-179.
- [15] 张崇禧,郑友兰,李向高,等.紫孢侧耳营养成分研究[J].吉林农业大学学报,1995,17(4):24-25,52.
- [16] 王军芳,宋国月,高悦,等.野生菌核侧耳生物学特性及驯化栽培[J].菌物学报,2023,42(1):395-407.
- [17] 牛宇,蒙秋霞,聂建军,等.不同碳源对 7 个白灵菇品种菌丝生长的影响[J].中国食用菌,2017,36(6):27-32.
- [18] 郝涤非,许俊齐.食用菌栽培与加工技术[M].北京:中国轻工业出版社,2019.
- [19] 尹丽芳.沁源松林野生牛肝菌种类鉴定及其生物学特性研究[D].太原:山西农业大学,2016.
- [20] 邹莉,王义,王轶,等.亚侧耳菌丝生物学特性研究[J].菌物学报,2008,27(6):915-921.
- [21] 牛宇,蒙秋霞,聂建军,等.不同碳源对 7 个白灵菇品种菌丝生长的影响[J].中国食用菌,2017,36(6):27-32.
- [22] 羊晨,涂镜,翟杨,等.一株野生肺形侧耳的菌丝生长特性及人工栽培初探[J].中国食用菌,2022,41(10):18-25.
- [23] 冯志勇,王志强,郭力刚,等.秀珍菇生物学特性研究[J].食用菌学报,2003,10(3):11-16.
- [24] 黄敏敏,张闽春,黄晓丽,等.酸碱度对秀珍菇新品种秀秀 5669 菌丝体形态及锁状个数的影响[J].食用菌,2019,41(4):15-18.
- [25] 赵书雪,刘苗苗,吉建成,等.2株野生侧耳的驯化栽培及营养成分分析[J].中国食用菌,2020,39(11):35-40.
- [26] 姜慧,林辰壹,高攀,等.五种无机盐对大球盖菇菌丝生长的影响[J].北方园艺,2020(14):128-135.
- [27] 许修宏,郝钢,袁立.不同无机盐对木耳菌种老化的影响[J].东北农业大学学报,2012,43(8):119-122.
- [28] 郭美兰,穆俊祥,高喜叶,等.不同无机盐离子对平菇菌丝体生长的影响[J].北方园艺,2011(4):192-193.



王峭然,宋英赫,姜涛,等.黑龙江省生态环境现状与治理对策[J].黑龙江农业科学,2024(7):74-80.

黑龙江省生态环境现状与治理对策

王峭然,宋英赫,姜涛,贾广新

(黑龙江省国土空间规划研究院,黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要:黑龙江省生态环境条件较好,资源丰富,但仍存在水土流失、土壤退化、沙化,森林、草地、湿地和生物多样性减少、质量下降等问题。为实现人与自然和谐共生的绿色发展空间,本文简析了国内外生态环境修复的现状与趋势,按照《全国生态功能区划》中生态系统空间特征,结合黑龙江省自然地理格局,探讨分析了森林、草地、湿地、水、农田和城镇6个生态系统的现状和问题。提出因地制宜开展生态系统保护、修复、治理、恢复功能等生态建设活动,科学实施生态环境保护对策,在维护生态安全底线、落实三线管控要求、平衡保护与开发、科学利用自然资源等方面提出建议。进一步落实国家政策,保障粮食安全和生态安全,努力建设自然资源可持续利用与发展的生态省。

关键词:生态环境;生态保护对策;生态修复;生态建设

随着社会经济、城市化进程的迅猛发展,国土空间受人类活动的影响范围越来越广,程度越来越深,人类对自然资源的无序开发和过度利用加剧了区域生态系统失衡,国土空间生态安全受到严重威胁^[1]。进入20世纪70年代,一些发达国家开始重视环境问题,采取了相应的措施减少对生态环境的污染。人们已经逐渐意识到生态危机不仅仅是局部的环境恶化,而是全球性生态系统

污染和破坏。尽管在环境治理方面取得了一定的成效,但破坏自然环境因素仍然存在,生态环境治理仍面临着巨大的挑战。全球气候变化与陆地生态系统响应是国际地圈生物圈计划的核心研究和重要内容,得到了国际科学界和国际社会的高度关注^[2]。21世纪以来,随着全球气候变化和人类活动加剧,土地退化、水土流失、沙漠化等一系列生态环境问题频发,自然生态系统服务能力严重

收稿日期:2024-03-24

基金项目:黑龙江省自然资源厅《黑龙江省国土空间生态修复规划(2021—2035年)》编制项目(黑财购核字[2022]10042号)。

第一作者:王峭然(1989—),女,硕士,工程师,从事生态环境保护与修复、耕地保护、环境工程研究。E-mail:2364590865@qq.com。

通信作者:宋英赫(1983—),男,硕士,高级工程师,从事生态修复、耕地保护、自然资源大数据管理研究。E-mail:46737380@qq.com。

Optimization of Cultivation Conditions for *Pleurotus sapidus*

WU Yue, LU Yuantian, MAO Mingjuan, SHI Jingjing, FU Qi, WANG Rui, KANG Shengwan, LIU Di

(Agricultural College, Yanbian University, Yanji 133000, China)

Abstract: *Pleurotus sapidus* (*P. sapidus*), a valuable edible and medicinal fungus, possesses abundant nutritional and medicinal properties. In order to further explore *P. sapidus*, this study aimed to investigate the growth characteristics of a laboratory-preserved strain of *P. sapidus* through single-factor experiments and orthogonal experiments to determine the optimal culture medium formula. The results revealed that among the six tested carbon sources, *P. sapidus* mycelium exhibited the best growth when utilizing polysaccharides, particularly starch, with an optimal addition amount of 20 g·L⁻¹. Among the six tested nitrogen sources, organic nitrogen sources were more favorable for mycelial growth compared to inorganic nitrogen sources, with yeast extract powder being the most optimal nitrogen source and an addition amount of 8 g·L⁻¹. The addition amount of MgSO₄ had a minor influence on mycelial growth, therefore it was determined to be 0.2 g·L⁻¹. The effect of KH₂PO₄ on mycelial growth was not significant, thus an addition amount of 0.5 g·L⁻¹ was determined. *P. sapidus* mycelium was able to grow normally within the pH ranged from 5 to 9, with an optimal pH value of 7.

Keywords: *Pleurotus sapidus*; growth characteristics; culture medium