

# 荷叶离褶伞液体发酵菌株筛选研究

周会明<sup>1,2</sup>, 张焱珍<sup>1,2</sup>, 陈银辉<sup>2</sup>, 席亚丽<sup>2</sup>, 魏生龙<sup>2</sup>

(1. 临沧师范高等专科学校 农学系, 云南 临沧 677000; 2. 河西学院 食用菌研究所, 甘肃 张掖 734000)

**摘 要:**依据菌丝体生物学特性, 从 137 株荷叶离褶伞液体发酵菌株中筛选出 11 株典型的菌株, 并采用液体培养方式, 测定了各菌株的液体培养特性, 以期为探索荷叶离褶伞工厂化发酵奠定基础。结果表明: 11 株菌株在 22℃ 下均能形成菌球, 以白色, 不规则形为主; 培养液为苦杏仁味, 除菌株 'ZY02'、'ZY05' 为褐色外, 其它菌株均为淡黄色, 含糖量在 1.0%~2.3% 之间, 82% 的菌株 pH 值在 6.5~7.5; 其中菌株 'ZY05' 菌球数量最大, 为  $1.51 \times 10^4$  CFU/L, 菌株生物量为 5.4173 g/L, 菌株 'ZY09' 菌株生物量为 8.0937 g/L 最大, 菌球数量为  $1.31 \times 10^4$  CFU/L, 培养液 pH 最低, 为 4.91, 菌株 'ZY10' 粗多糖含量最高, 为 1.1053 g/L; 该菌的培养特性因不同菌株而存在差异, 菌株 'ZY05'、'ZY09'、'ZY10' 是分别以菌球数量、菌株生物量、粗多糖含量为筛选指标的最佳菌株。

**关键词:**荷叶离褶伞; 液体发酵; 菌株筛选

**中图分类号:** Q 939.96 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2014)03-0134-05

荷叶离褶伞 (*Lyophyllum decastes*) 属真菌界 (Fungi Kingdom) 担子菌门 (Basidiomycota) 担子菌纲 (Basidiomycetes) 伞菌亚纲 (Agaricomycetidae) 口蘑目 (Tricholomales) 离褶伞科 (Lyophyllaceae) 离褶伞属 (*Lyophyllum*), 是一种药食兼用的真菌<sup>[1]</sup>, 菌体中富含丰富的粗蛋白、粗多糖、氨基酸等<sup>[2]</sup> 多种生理活性物质, 对防治癌细胞<sup>[3]</sup>、先天性糖尿病<sup>[4]</sup>、特异性皮肤炎<sup>[5]</sup> 等具有很好的抑制效果, 此外, 还具有降血脂<sup>[6]</sup>、防辐射、免疫、生血等功效<sup>[7]</sup>。荷叶离褶伞人工栽培困难, 但其市场需求极大, 为满足人们对该菌产品日益增长的需求, 筛选出荷叶离褶伞液体发酵优良品种的意义重大。研究人员已对该菌进行了菌体成分<sup>[2,8]</sup>、资源调查<sup>[9]</sup>、保健及药效<sup>[5,7]</sup>、多糖提取工艺<sup>[10-11]</sup>、分子生物学标记等<sup>[12]</sup> 初步的研究, 但其抗杂菌能力较差、出菇条件要求极高、子实体长势差、生物学转化率很低 (46%)、产量不稳定、栽培周期很长 (150~180 d) 等问题严重影响了该菌的全面推广。

该试验从荷叶离褶伞分布较广的甘肃、云南、黑龙江 3 个省份的 5 个集中区域采集并分离其野生种质资源, 根据菌丝生长及室内栽培特性, 筛选出具有典型生

物学特征的不同菌株, 再采用液体摇床发酵培养的方式, 测定相同条件下不同菌株的液体培养特性, 以确定液体培养的代表性供试菌株, 测定各菌株液体培养不同特性, 分析其分解、代谢及合成内在差异, 最终通过菌株生物量、粗多糖及菌球数等不同筛选指标初步确定其相应的最佳菌株, 以期为探索其不同目标的工厂化发酵菌株奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试荷叶离褶伞菌株保存于河西学院食用菌研究所。

母种培养基为 PDA 培养基; 原种培养基: 小麦 100 kg, 石膏 1 kg, 木屑 5 kg; 栽培种培养基: 40% 棉籽壳, 25% 木屑, 25% 发酵料, 9% 麦麸, 1% 石膏; 液体培养基: 马铃薯 200 g, 葡萄糖 20 g, 蛋白胨 5 g, 磷酸二氢钾 2 g, 加水 1 000 mL; 所有培养基 pH 值均自然。

### 1.2 试验方法

1.2.1 供试菌株筛选 该试验从荷叶离褶伞分布较广的甘肃祁连山、肃南蘑菇湾及康乐草原, 云南大理, 黑龙江大兴安岭 3 个省份对其种质资源进行采集、分离、纯化及编号保存, 然后驯化栽培并记录各菌株特性, 从中筛选出具有典型固体培养特性的菌株并在 4℃ 冰箱保存。

1.2.2 菌种活化 从冰箱取出各供试菌株放入室温活化 7 d 后, 在无菌条件下, 接种于 75 mL 的 PDA 平板中央, 在 22℃ 下培养 10~15 d, 备用<sup>[13]</sup>。

**第一作者简介:** 周会明 (1984-), 男, 硕士, 助教, 研究方向为大型真菌资源驯化与遗传。E-mail: 632243530@qq.com.

**责任作者:** 魏生龙 (1962-), 男, 教授, 研究方向为食用真菌。E-mail: glad-happy@163.com.

**基金项目:** 甘肃省财政厅资助项目 (1104NKCG091)。

**收稿日期:** 2013-10-23

1.2.3 液体摇瓶发酵培养 取 500 mL 的三角瓶各分装 100 mL 液体培养基,121℃灭菌 20 min,冷却至室温,在无菌操作下,取事先活化的各菌株边缘菌落并用直径为 5 mm 打孔器将处理过的菌饼 3 块接入三角瓶内,每种菌株 3 次重复。在 22℃下转速为 121 r/min 的恒温振荡器上培养 20 d,其中以温度 18℃与 25℃为对照<sup>[14]</sup>。观察并记录培养液颜色、气味、菌球形状、数量等;取 100 粒菌球,在培养皿内排成一排,用直尺测量菌球直径,先后经 160、200 目筛过滤,然后放入 LGJ-18 型冷冻干燥机干燥至恒重,用电子天平测定各菌丝体的干重,计算生物量<sup>[15]</sup>。

### 1.3 项目测定

菌丝体培养液 pH 值的测定:将电极事先在蒸馏水中浸泡 24 h,取过滤液用 PHS-2 型酸度计对各菌株的培养液进行 pH 值测定<sup>[15]</sup>;菌丝体培养液含糖量的测定:取各菌株培养液,用手持测糖仪测定其含糖量<sup>[14,16]</sup>;菌丝体培养液粗多糖含量的测定:取 100 mL 菌丝体培养液,以 4 000 r/min 的速度离心 10 min,量取 50 mL 上清液,在旋转蒸发仪上浓缩至 25 mL,再将浓缩液转移到 100 mL 的量筒,用 95%的酒精溶液定容到 50 mL,4℃下三角瓶中 12 h 静置过夜,再以 4 000 r/min 的速度离心 10 min,弃上清液,沉淀冻干至恒重,用电子天平称其质量<sup>[16-17]</sup>。粗多糖含量(g/L)=粗多糖干燥物重(g)/培养液取样体积(mL)×1 000。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 9.50 数据处理系统进行分析<sup>[18]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试菌株的筛选

在 25℃下,经母种、原种及栽培种的初步筛选试验,最终从 137 株菌种中筛选出 11 株典型的菌株(表 1),其中菌株‘ZY07’由卯晓岚鉴定,获发明专利。

表 1 11 个典型的供试荷叶离褶伞菌株

Table 1 Eleven typical test strains of *Lyophyllum decastes*

菌株编号 No. of strain	出菇状态 Fruiting state	材料来源 Sources of material	备注 Notes
‘ZY01’	出菇	肃南蘑菇湾	
‘ZY02’	出菇	肃南蘑菇湾	产褐色素
‘ZY03’	出菇	大兴安岭	高产
‘ZY04’	出菇	康乐草原	
‘ZY05’	出菇	肃南蘑菇湾	产褐色素
‘ZY06’	出菇	肃南蘑菇湾	
‘ZY07’	出菇	祁连山	低产、易出菇
‘ZY08’	出菇	肃南蘑菇湾	
‘ZY09’	无	大理	无线状菌丝
‘ZY10’	出菇	肃南蘑菇湾	
‘ZY11’	无	祁连山	‘ZY07’诱变菌株

### 2.2 菌株液体培养特性

从表 1 可以看出,在 22℃的恒温箱内,11 株荷叶离

褶伞菌株均能正常生长,25℃对照组除菌株‘ZY09’、‘ZY11’外,其余菌株未见长势,而 18℃对照组除菌株‘ZY07’外也均未生长。因此,菌株‘ZY07’、‘ZY09’、‘ZY11’有待进一步研究其最佳温度范围。由表 2 可知,在不同荷叶离褶伞供试菌株间菌丝体液体培养下,培养液颜色大部分为浅黄色或淡黄色,其中菌株‘ZY02’、‘ZY05’培养液颜色为深褐色和褐色,与其它 9 种培养液颜色差距明显。培养液其气味为苦杏仁味,浓淡不一;菌球大多为白色,不规则形,有毛刺。

表 2 不同菌株的液体培养特性

Table 2 Liquid culture characteristics of different strains

菌株编号 No. of strain	培养液 颜色 Color	Cultivation liquid 气味 Smell	菌球 Mycelial pellets
‘ZY01’	黄色	苦杏仁味	白色,卵状,光滑
‘ZY02’	深褐色	淡苦杏仁味	灰色,卵状,有毛刺
‘ZY03’	淡黄色	浓苦杏仁味	白色,不规则,光滑
‘ZY04’	淡黄色	淡苦杏仁味	白色,梨形,毛刺少
‘ZY05’	褐色	苦杏仁味	灰色,球形,毛刺少
‘ZY06’	浅黄色	淡苦杏仁味	白色,球形,毛刺少
‘ZY07’	浅黄色	苦杏仁加	白色,不规则,有毛刺
‘ZY08’	浅黄色	浓苦杏仁味	白色,梨形,毛刺少
‘ZY09’	浅黄色	浓苦杏仁味	乳白,不规则,有刺多
‘ZY10’	浅黄色	苦杏仁味	白色,短棒状,光滑
‘ZY11’	浅黄色	苦杏仁味	乳白,不规则,有刺多

### 2.3 不同菌株的菌丝生长、菌球直径、菌球数量、菌株生物量比较

从表 3 可知,供试菌株菌丝生长、菌球直径、菌球数量及生物量也存在显著的差异,其中菌株‘ZY09’菌球直径和菌株生物量均最大,分别为 4.3467 mm、8.0937 g/L,菌球数量为  $1.31 \times 10^4$  CFU/L,居第 3 位,与其它菌株差异达极显著水平,菌株‘ZY05’菌球数量最多,为  $1.51 \times 10^4$  CFU/L,菌球直径为 3.7583 mm,居第 2 位,

表 3 不同菌株的液体培养的筛选指标

Table 3 Screening index of liquid culture for different strains

菌株编号 No. of strain	菌丝生长 Mycelial growth	菌球直径 Mycelial pellets of diameter	菌球数量 Number of mycelial pellets	菌株生物量 Biomass	粗多糖含量 Content of crude polysaccharides
	/mm · d <sup>-1</sup>	/mm	/CFU · L <sup>-1</sup>	/g · L <sup>-1</sup>	/g · L <sup>-1</sup>
‘ZY01’	1.92	3.1450abcAB	6.51×10 <sup>3</sup> eE	3.5063eD	0.4613dDE
‘ZY02’	3.19	3.6083abAB	1.01×10 <sup>4</sup> dD	6.6377bB	0.4913dD
‘ZY03’	1.42	2.6983bcAB	4.04×10 <sup>3</sup> gG	1.3157fE	0.1607fF
‘ZY04’	3.45	3.3883abcAB	1.45×10 <sup>4</sup> aA	3.5497eD	0.3873deDE
‘ZY05’	3.11	3.7583abAB	1.51×10 <sup>4</sup> aA	5.4173cC	0.4733dD
‘ZY06’	2.87	3.2917abcAB	5.01×10 <sup>3</sup> fF	4.3070deCD	0.8973bB
‘ZY07’	1.46	2.1533cB	3.03×10 <sup>3</sup> hH	2.0150fE	0.6473cC
‘ZY08’	2.92	3.5550abAB	5.02×10 <sup>3</sup> fF	4.2953deCD	0.3400eE
‘ZY09’	3.24	4.3467aA	1.31×10 <sup>4</sup> bB	8.0937aA	0.4507dD
‘ZY10’	2.34	2.6083bcB	2.52×10 <sup>3</sup> iI	4.1187deCD	1.1053aA
‘ZY11’	4.47	2.1830cB	1.22×10 <sup>4</sup> cC	4.6777cdCD	0.1645fF

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平有显著差异;不同大写字母表示在 0.01 水平有极显著差异。下同。

Note: Different small letters behind the data in the same column means significant difference at 0.05 level; different capital letters means very significant difference at 0.01 level. The same below.

其菌株生物量为 5.4173 g/L,居第 3 位;而‘ZY03’、‘ZY07’、‘ZY10’分别是菌株生物量、菌球直径、菌球数量最小的菌株;菌株‘ZY07’综合方面最差。

#### 2.4 不同菌株培养液的 pH 值、含糖量、粗多糖含量的比较

从图 1 可以看出,培养终止时荷叶离褶伞不同菌株液体 pH 值不相同,在原培养液 pH 值为 6.8 的基础上,大部分供试菌株在培养终止时 pH 值在 6.5~7.5 之间,这说明每个菌株产生的液体培养产物量不相同,而菌株‘ZY03’和‘ZY09’的 pH 值分别为 5.53 和 4.91,这说明这 2 个菌株产酸能力较强。根据不同菌株培养产物酸性的不同,对以上菌株进行单独培养时,应提前对代谢产物做出相应的处理,以保证菌丝体后期生长状况良好,以提高液体培养的产量,改善经济效益。由图 2 可知,荷叶离褶伞不同菌株液体培养终止时液体中含糖量不相同,在原培养液 2.35% 含糖量的基础上,供试菌株大部分培养终止时的含糖量在 1.0%~2.3% 之间,说明各菌株转化与利用糖的能力不同;而菌株‘ZY02’、‘ZY08’及‘ZY09’培养液中糖含量较低,说明这 3 个菌株对糖的利用能力较强。菌株‘ZY01’、‘ZY04’以及‘ZY07’培养液中糖含量较高,造成这种情况的原因还有待进一步研究。

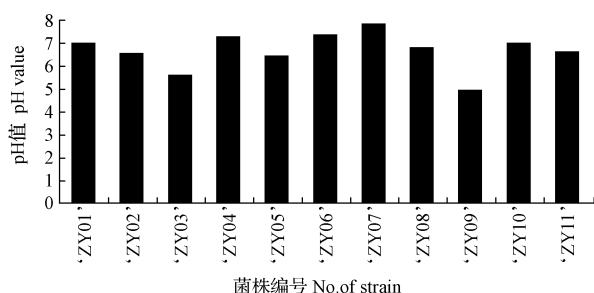


图 1 不同菌株培养液的 pH 值

Fig. 1 pH of cultivation liquid of different strains

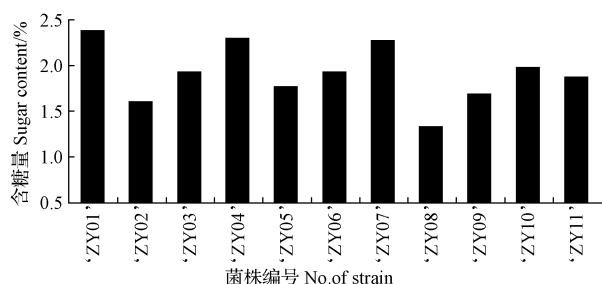


图 2 不同菌株培养液的含糖量

Fig. 2 Sugar content of cultivation liquid of different strains

在原培养液粗多糖含量为 0.0019 g/L,从表 3 可以看出,不同菌株培养液粗多糖含量差异显著,菌株‘ZY10’产生的粗多糖含量最多,达 1.1053 g/L,与其它供试菌株极显著差异;菌株‘ZY06’产生粗多糖量为

0.8973 g/L,极显著高于除‘ZY10’以外的其它供试菌株;菌株‘ZY11’、‘ZY03’产生粗多糖量最小。这如果从功能性食品来说菌株‘ZY10’、‘ZY06’较适宜 22℃ 下液体培养;而菌株‘ZY11’、‘ZY03’产生粗多糖量低,不宜适合 22℃ 下液体培养生产。

### 3 讨论

大型真菌因地域、季节、树种群落等环境差异造成其品种的特异性与多样性<sup>[19]</sup>,荷叶离褶伞也不例外。国内外对一些食用真菌多样性和特异性做了深入的研究,Uhart 等<sup>[20]</sup>、Mouhamadou 等<sup>[21]</sup>发现菌株的地理环境不同,最终会在线粒体 SSU-rRNA 二级结构的基因 b 的编码序列上出现差异,由核苷酸序列之间的删除、插入以及遗传交换导致,编码序列相似性越小,菌株的特异性与多样性就越明显。荷叶离褶伞菌株大多数来自于甘肃祁连山,其生长环境在 15~25℃,该试验所用 11 株菌株在 22℃ 下均能形成菌球,与张汉燊等<sup>[14]</sup>对该菌中试发酵研究的结果一致,其中菌株‘ZY05’、‘ZY09’、‘ZY10’从整体培养效果上来看表现出最好的培养特性,而其它菌株对此温度适应性欠佳。这表明,同一条件下不同菌株在培养特性方面差异较大,菌球的大小、数量、直径、产量等主要与各菌株特异性以及多样性相关,每个菌株都有自身适宜生存的特定环境,它们的繁殖能力、健壮程度、表现型等基因与环境而发生变化,菌球的形状、光滑程度及培养液颜色等存在一定程度的差异,如菌株‘ZY02’、‘ZY05’分泌褐色的色素,这也许是菌株自身基因重组或突变所致;部分菌株,如‘ZY03’、‘ZY10’菌丝体在培养后期,因环境、营养及代谢产物等限制其生长而表现为无毛刺,光滑现象,影响菌株菌球直径、菌球数量及生物量的因素除菌株本身外,也与恒温摇床转速、温度、容器大小、通气量、酸碱度及发酵时间等一系列因子息息相关;该菌的培养特性因不同菌株而存在差异,菌株‘ZY05’、‘ZY09’是分别以菌球数量、菌株生物量为筛选指标的最佳菌株。总之,荷叶离褶伞品种选育应在菌种筛选的基础上进行,缩短育种年限,也可利用菌种的多样性采用细胞融合、单孢杂交等技术使各自有利基因的汇集,从而达到育种的最终目的,最后实现菌种推广以及生产化。

重组导致偏分离在大型真菌中极其普遍<sup>[22]</sup>。一些研究人员对金针菇等研究证明<sup>[23]</sup>,高等真菌在人工驯化栽培过程中,其有性繁殖阶段出现了一些极性菌株偏分离现象,导致极性比例失调,一些菌株的特性发生了相对的改变。因此,交配型因子位点内的重组或突变极有可能是出现偏分离的根源。该试验中,11 种典型的荷叶离褶伞菌株中,有 2 种产生褐色的水溶性色素,一方面也许是分离纯化过程中混入其它杂菌,但是它们的培养液的味道、颜色等并没有出现与杂菌相关的异样,产量



也没有减少,出现这种可能的几率很小;另一方面也许是菌株自身基因重组或突变所致,在其它培养特性正常的情况下产色素,极有可能是这2种菌株的某一基因发生变化,导致基因内部出现了新的调控机构,产生一种能够调控色素形成的调控元件,最后在该元件的控制下出现水溶性色素的产生,也许因为此调控元件的出现,会让其它调控元件失效,或者只是多出这一调控元件,有关该菌株是否为荷叶离褶伞变种,有待通过进一步分子标记,如18S rRNA序列分析<sup>[24]</sup>、IGS<sup>[25]</sup>等深入研究。

(致谢:感谢中国著名大型真菌分类学家卯晓岚先生鉴定了标本,深表谢意!)

### 参考文献

- [1] 戴玉成,周丽伟,杨祝良,等.中国食用菌名录[J].菌物学报,2010,29(1):1-21.
- [2] 席亚丽,茆爱丽,王晓琴,等.荷叶离褶伞子实体、菌丝体及发酵液蛋白营养价值评价[J].菌物学报,2010,29(4):603-607.
- [3] Ukawa Y, Ito H, Hisamatsu M. Antitumor effects of (1→3)- $\beta$ -D-glucan and (1→6)- $\beta$ -D-glucan purified from newly cultivated mushroom, *Hatakesimeji* (*Lyophyllum decastes* Sing.) [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 90(1): 98-104.
- [4] Miura T, Kubo M, Itoh Y, et al. Antidiabetic activity of *Lyophyllum decastes* in genetically type 2 diabetic mice [J]. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 2002, 25(9): 1234-1237.
- [5] Ukawa Y, Izumi Y, Ohbuchi T, et al. Oral administration of the extract from *Hatakesimeji* (*Lyophyllum decastes* Sing.) mushroom inhibits the development of atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice [J]. Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 2007, 53(3): 293-296.
- [6] Ukawa Y, Furuichi Y, Kokean Y, et al. Effect of *Hatakesimeji* (*Lyophyllum decastes* Sing.) mushroom on serum lipid levels in rats [J]. Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 2002, 48(1): 73-76.
- [7] Nakamura T, Itokawa Y, Tajima M, et al. Radioprotective effect of *Lyophyllum decastes* and the effect on immunological functions in irradiated mice [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine, 2007, 27(1): 70-75.
- [8] 张汉斌,张芬琴,王小明,等.荷叶离褶伞子实体营养成分分析与评价[J].菌物学报,2008,27(5):696-700.
- [9] 桂建华,魏生龙,王生荣.祁连山自然保护区离褶伞属真菌资源[J].草业学报,2011,20(5):284-287.
- [10] 张春梅,宋海,魏生龙.荷叶离褶伞菌丝体多糖的提取及还原力的研究[J].中国食用菌,2012,31(6):44-48.
- [11] 张凤琴,李彩霞,李鹏,等.荷叶离褶伞可溶性多糖提取工艺研究[J].食品工业科技,2010(5):224-225.
- [12] 王守现,刘宇,许峰,等.荷叶离褶伞菌株的ITS鉴定及生物学特性研究[J].中国农学通报,2012,28(28):148-152.
- [13] 余海尤,曹春蕾,崔宝凯.忍冬木层孔菌液体培养过程中多酚含量及抗氧化活性研究[J].菌物学报,2012,31(6):933-939.
- [14] 张汉斌,王治江,席亚丽,等.荷叶离褶伞中试发酵条件与培养基优化研究[J].中国酿造,2012,31(1):96-99.
- [15] 陈力力,吴新芬.金针菇液态发酵培养基的筛选[J].生物技术,2007,17(1):73-75.
- [16] 王晓琴,张芬琴,魏生龙,等.荷叶离褶伞菌丝体深层发酵及胞内外多糖含量的变化[J].中国酿造,2011(5):56-58.
- [17] 鲁铁,图力古尔,刘宇,等.槐耳近似种白蜡多年卧孔菌活性[J].菌物研究,2013,11(2):96-102.
- [18] 王一见,杜先锋,许阳,等.小麦淀粉的退火改性及其性质表征[J].中国农业科学,2013,46(12):2526-2533.
- [19] 柴新义,许雪峰,汪美英,等.安徽琅琊山大型真菌区系多样性[J].生态学报,2013,33(7):2314-2319.
- [20] Uhart M, Sirand-Pugnet P, Labarere J. Evolution of mitochondrial SSU-rDNA variable domain sequences and rRNA secondary structures, and phylogeny of the *Agrocybe aegerita* multispecies complex [J]. Research in Microbiology, 2007, 158(3): 203-212.
- [21] Mouhamadou B, Férandon C, Barroso G, et al. The mitochondrial apocytochrome b genes of two *Agrocybe* species suggest lateral transfers of group I homing introns among phylogenetically distant fungi [J]. Fungal Genetics and Biology, 2006, 43(3): 135-145.
- [22] 周会明,赵永昌,陈卫民,等.杨柳田头菇交配型因子与菌丝生长速度关系[J].云南植物研究,2010,32(4):315-322.
- [23] Kawabata H, Magae Y, Sasaki T. Mating type analysis of monokaryons regenerated from protoplasts of *Flammulina velutipes* [J]. Transactions of the Mycological Society of Japan, 1992, 33(2): 243-247.
- [24] 刘超洋,庄文颖.火丝菌科(盘菌目)部分属的系统学研究[J].菌物学报,2006,25(4):546-558.
- [25] Pantou M P, Mavridou A, Typas M A. IGS sequence variation, group-I introns and the complete nuclear ribosomal DNA of the entomopathogenic fungus *Metarhizium*: excellent tools for isolate detection and phylogenetic analysis [J]. Fungal Genetics and Biology, 2003, 38: 159-174.

## Study on Screening of Liquid Fermentation Strains of *Lyophyllum decastes*

ZHOU Hui-ming<sup>1,2</sup>, ZHANG Yan-zhen<sup>1,2</sup>, CHEN Yin-hui<sup>2</sup>, XI Ya-li<sup>2</sup>, WEI Sheng-long<sup>2</sup>

(1. Department of Agronomy, Lincang Teachers' College, Lincang, Yunnan 677000; 2. Mushroom Research Institute, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000)

**Abstract:** Excellent strains were screened for the liquid fermentation of *Lyophyllum decastes*, which were the basis of exploring its main factory fermentation. Based on the mycelium biological characteristics, eleven typical strains of *Lyophyllum decastes* were selected from 137 strains of *Lyophyllum decastes* and the liquid culture characteristics of each strain were measured through the method of liquid culture. The results showed that the eleven strains could form bacteria balls at 22°C, mainly white and irregular. The culture of bitter almond flavor, the color tended to be light yellow except

# 不同纤维废弃物对金针菇生长发育的影响

连 凯<sup>1</sup>, 潘 辉<sup>2</sup>, 王 迎 鑫<sup>1</sup>, 张 引 芳<sup>2</sup>, 刘 朝 贵<sup>1</sup>, 郭 倩<sup>2</sup>

(1. 西南大学 园艺园林学院, 重庆 400716; 2. 上海光明森源生物科技有限公司, 上海 201408)

**摘 要:**以金针菇为试材, 将工农业生产中产生的纤维废弃物添加到金针菇栽培培养料中, 研究纤维废弃物对金针菇生长发育的影响, 以期优化现有栽培配方。结果表明: 啤酒糟有利于金针菇菌丝健壮生长, 甘蔗渣和甜菜渣可以提高金针菇菌丝生长速度, 桔皮渣促进金针菇子实体的生长发育, 甘蔗渣、甜菜渣、桔皮渣与啤酒糟搭配均有助于提高金针菇的产量和品质。最终得到的最优配方为 30% 玉米芯、39% 米糠、15% 麸皮、5% 棉籽壳、5% 啤酒糟、5% 桔皮渣、1% 碳酸钙。

**关键字:**金针菇; 栽培配方; 纤维废弃物

**中图分类号:**S 646 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)03-0138-03

近年来, 随着我国经济的不断发展和人们对于饮食健康养生的新需求, 食用菌行业呈现出一派欣欣向荣的大好景象。由于人们需求量的不断增加, 小农户种植模式已经远远不能满足市场需求, 工厂化大生产的栽培模式渐渐兴起, 各地食用菌工厂不断涌现。目前, 我国食用菌工厂化栽培的主要菌种有白色金针菇、杏鲍菇、蟹味菇和白玉菇等<sup>[1]</sup>, 尤以白色金针菇最多。食用菌行业快速成长的同时也带来了更多的竞争, 要求食用菌工厂在菌种选育、栽培工艺和环境控制技术上不断创新和改进。

该试验本着环保低碳、循环经济的原则, 根据金针菇的生长发育规律<sup>[2-3]</sup> 以及其对营养成分<sup>[4-5]</sup> 的吸收利用特点, 选用啤酒糟<sup>[6]</sup>、甘蔗渣<sup>[7]</sup>、甜菜渣<sup>[8]</sup>、桔皮渣<sup>[9]</sup> 等纤维废弃物进行多组培养料配方的筛选比较, 研究不同纤维废弃物对金针菇生长发育的影响, 以期筛选出能提高

工厂化栽培产量和品质的优良培养料配方。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试金针菇‘510’由上海光明森源生物科技有限公司提供。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验设 7 个配方(表 1), 以金针菇工厂化瓶栽常用配方为对照(CK)。配方中共同的组分比例如下, 39% 米糠、15% 麸皮、5% 棉籽壳、1% 碳酸钙。试验采用瓶栽的方式, 依照随机区组设计, 3 次重复, 每次重复 80 瓶。

**表 1 金针菇工厂化栽培试验配方**

Table 1 The formulas of the industrial cultivation of

配方	<i>Flammulina velutipes</i>				
	玉米芯	啤酒糟	甜菜渣	甘蔗渣	桔皮渣
CK	35	5	—	—	—
F-1	37	3	—	—	—
F-2	40	—	—	—	—
F-3	32	5	3	—	—
F-4	30	5	5	—	—
F-5	32	5	—	3	—
F-6	30	5	—	5	—
F-7	32	5	—	—	3
F-8	30	5	—	—	5

**第一作者简介:**连凯(1988-), 男, 硕士, 现主要从事蔬菜生理生化和设施园艺等研究工作。E-mail: provided2020@qq.com.

**责任作者:**郭倩(1969-), 男, 博士, 研究员, 现主要从事食用菌工厂化栽培等研究工作。E-mail: qianguo1969@sina.com.

**基金项目:**上海市科委重点资助项目(12391901000)。

**收稿日期:**2013-11-13

strain ‘ZY02’ and ‘ZY05’, which were brown, the sugar content was between 1.0% and 2.3%, and the pH of 82% strains was 6.5~7.5. Strain ‘ZY05’ had the largest number of mycelial pellets ( $1.51 \times 10^4$  CFU/L), and its biomass was 5.4173 g/L. Strain ‘ZY09’ had the largest biomass (8.0937 g/L), the number of mycelial pellets was  $1.31 \times 10^4$  CFU/L, and its pH was the lowest, only 4.91. And strain ‘ZY10’ has the largest content of polysaccharides (1.1053 g/L). In short, different strains led to different mycelium culture characteristics, and strain ‘ZY05’, ‘ZY09’ and ‘ZY10’ were the best strains, judged respectively from the screening index of number of mycelial pellets, biomass and polysaccharides.

**Key words:** *Lyophyllum decastes*; liquid fermentation; strains screening