

# 土霉素药渣栽培杏鲍菇可行性研究

金亚征, 忻龙祚, 塔秀成, 王激清

(河北北方学院 园艺系, 河北 张家口 075400)

**摘要:**以杏鲍菇为试材,在玉米芯中添加不同比例的土霉素药渣作为栽培杏鲍菇的辅料,对土霉素药渣栽培杏鲍菇的可行性进行研究和分析。结果表明:土霉素药渣含有木质素 15.58%、纤维素 39.62%、蛋白质 50.02%及灰分 13.15%;玉米芯中随着土霉素药渣添加比例的增加,呈现菌丝生长速率加快、满瓶天数减少的趋势,且添加适宜比例的土霉素药渣,可显著提高杏鲍菇鲜菇产量和生物学效率,其中 83%玉米芯添加 15%土霉素药渣的处理较优;杏鲍菇对土霉素的降解率可达到 99.9%,4 个添加土霉素药渣处理的杏鲍菇子实体均未检测到土霉素残留。

**关键词:**土霉素药渣;杏鲍菇;菌丝生长速率;产量;土霉素降解

**中图分类号:**S 646.1<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2017)20—0163—05

杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*)属侧耳科侧耳属,又名刺芹侧耳,因其菌肉肥厚,菌柄脆滑,含有大量的蛋白质、糖类和维生素等,被称为“平菇王”“干贝菇”,是新世纪理想的珍稀食用菌品种之一<sup>[1]</sup>。目前杏鲍菇规模化栽培的主要原料包括棉籽壳、玉米芯、木屑等,除此之外,秸秆的下脚料越来越受到菇农的重视,如麦秆、玉米秸秆、稻草、甘蔗渣、棉柴、花生茎蔓、甘薯藤等,均取得了很好的栽培效果<sup>[2]</sup>。

土霉素药渣(Terramycin dregs, TD)是以玉米淀粉等为培养基,经放射菌发酵提取氧四环素后的液态培养基残渣风干物<sup>[3]</sup>。我国年产土霉素约 2 万 t,每生产 1 t 土霉素的原料药就产生约

10 t 的药渣<sup>[4]</sup>。大量的药渣排放到环境中,势必会对环境造成生态污染。目前我国对土霉素药渣再处理的研究较少,只有作为蛋白饲料添加到畜禽饲料中饲养畜禽的报道<sup>[3]</sup>。但由于土霉素药渣长期饲养禽畜后,会在畜产品中产生严重的药物残留和耐药性,我国 2002 年已经发布 176 号公告,不允许将抗生素滤渣添加到饲料中<sup>[5]</sup>。现以杏鲍菇为试材,探究杏鲍菇菌丝体分泌酶是否能够将土霉素药渣中的土霉素残留量完全降解,以期土霉素药渣的工业废弃物的再利用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试菌株由河北北方学院食用菌研究中心提供。玉米芯从当地市场购买,颗粒大小 0.0~1.4 cm,土霉素药渣由石家庄制药厂提供。母种培养基为 PDA 加富培养基<sup>[1]</sup>。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 栽培原料配比处理

试验共设置 4 个处理,具体见表 1 所示。

**第一作者简介:**金亚征(1976-),女,河北三河人,硕士,副教授,现主要从事园林生态等研究工作。E-mail:jyzheng\_2@126.com.

**责任作者:**忻龙祚(1968-),男,河北张家口人,硕士,副教授,现主要从事食用菌栽培及育种等研究工作。

**基金项目:**河北省科技支撑计划资助项目(14227304D);河北省农业厅现代农业产业技术体系创新团队岗位专家专项基金资助项目(HBCT2013060204)。

**收稿日期:**2017-04-17

表 1 杏鲍菇栽培原料配比

Table 1 Ratio of raw material for *Pleurotus eryngii* cultivation

%

处理 Treatment	土霉素药渣 Terramycin dregs	玉米芯 Corn cob	石膏(CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O) Gypsum	石灰(CaO) Lime
CK	0	98	1	1
A	5	93	1	1
B	10	88	1	1
C	15	83	1	1
D	20	78	1	1

## 1.2.2 栽培基质制作

根据培养基配方比例精确称取培养料,用基质搅拌机将培养料搅拌均匀,加水,使培养料含水量达60%,pH调节至8。培养料混合均匀后用高压聚丙烯袋子装袋,每袋干料250 g,用塑料套环进行封口。装好后常压蒸汽灭菌8 h,冷却30℃后接种培养。每处理各50袋,3次重复。

## 1.2.3 菌丝体培养、观察

接种后将菌袋置于菇房内避光培养,培养温度在23~28℃,湿度65%~70%,每天适当通风20 min。接种5 d后开始观察并记录菌丝体生长情况,封面后每隔2 d观测、记录菌丝生长长度,用记号笔在培养袋上沿菌丝生长量画线并标记日期。待菌丝长满菌袋时,结束菌丝培养阶段,计算每个处理菌丝长满瓶天数。菌丝平均生长速率=菌丝平均生长长度/菌丝平均满袋时间。

## 1.2.4 出菇管理、采收

出菇期间人工控制空气相对湿度为85%~90%,CO<sub>2</sub>浓度<1 000 mL · L<sup>-1</sup>,温度18~20℃,自然光照直至生长结束。计算生物学效率,生物学效率(%)=第一茬鲜菇产量/培养料干质量×100。

## 1.3 项目测定

土霉素残留量检测参照GB/T 21317-2007方法;木质素含量的测定采用KLASON法<sup>[6]</sup>;纤维素含量的测定采用重铬酸钾-碘量法<sup>[7]</sup>;蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝法<sup>[8]</sup>;灰分的测定参照GB/T 5009.4-2010方法。

## 1.4 数据分析

试验数据采用SPSS软件进行处理和分析。

## 2 结果与分析

## 2.1 不同配方栽培基质对菌丝生长的影响

由表2可知,在玉米芯中添加不同比例的土霉素药渣对杏鲍菇菌丝的影响显著。随着土霉素药渣比例的增加,杏鲍菇菌丝体满瓶天数减少,而平均生长速率增加趋势明显。其中D处理菌丝平均生长速率最高,但菌丝生长不良,色泽暗淡、形状分散、长势差,而其它3个处理及CK处理,菌丝洁白、整齐、紧实、长势好,菌丝体形态和长势正常。

表 2 不同配方基质栽培杏鲍菇菌丝生长状况

Table 2 Characteristics of mycelial growth under different matrix ratio

处理 Treatment	平均满瓶天数 Average days for overgrowing bottle/d	平均生长速率 Average growth rate /(mm · d <sup>-1</sup> )	菌丝形态 Mycelial morphology			
			颜色 Color	形状 Shape	密度 Density	长势 Growth vigor
CK	32.8±0.07a	3.0±0.11c	洁白	整齐	++	较好
A	30.4±0.21b	3.2±0.14c	洁白	整齐	++	较好
B	30.1±0.16b	3.2±0.01bc	洁白	整齐	+++	好
C	29.6±0.10b	3.3±0.09b	洁白	整齐	+++	好
D	23.5±0.07c	3.7±0.03a	灰暗	分散	+	差

注:“+”表示菌丝不致密;“++”表示菌丝较致密;“+++”表示菌丝很致密。不同小写字母表示不同处理在0.05水平上差异显著。下同。

Note: ‘+’ denote mycelia loose; ‘++’ denote mycelia more dense; ‘+++’ denote mycelia dense. Different lowercase letters denote significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 不同配方栽培基质对杏鲍菇子实体的影响

由表 3 可知,栽培基质中添加不同比例的土霉素药渣对杏鲍菇子实体产生了不同程度的影响,随着土霉素药渣含量的增加,杏鲍菇第一茬鲜菇产量先升高后下降,表现为 C>B>A>D>CK,加入土霉素药渣的 A、B、C 3 个处理产量均

显著高于 CK。其中添加 15%土霉素药渣的处理产量最高,生物学转化效率高达 90%,子实体菌蕾均匀,菇质紧实,色泽鲜亮。而当土霉素药渣添加到 20%,杏鲍菇产量显著下降,子实体小,色泽暗淡,生物学转化效率明显降低,子实体畸形率明显提高。

表 3 不同配方基质栽培杏鲍菇子实体生长状况

Table 3 Fruit body growth of *Pleurotus eryngii* under different formula matrix

处理 Treatment	第一茬鲜菇产量 Fresh weight per-bag of the first mushroom/(g·袋 <sup>-1</sup> )	生物学效率 Biological efficiency/%	菇形 Mushroom shape	畸形率 Malformation efficiency/%
CK	145.5±0.21d	58.2	菌蕾密集、均匀、大小适中	1.8
A	180.3±0.15c	72.1	菌蕾密集,均匀,色泽明亮	1.5
B	205.3±0.14b	82.1	菌蕾密集,均匀,色泽明亮	2.2
C	225.0±0.10a	90.0	菌蕾均匀,大小适中,菇质紧实,色泽明亮	2.1
D	153.0±0.26d	61.2	菌蕾密集,菇小,色泽较暗	3.2

2.3 土霉素药渣栽培杏鲍菇不同发育阶段土霉素残留量的变化

由表 4 可知,土霉素药渣中土霉素残留量 748 000 μg·kg<sup>-1</sup>,菌丝满瓶阶段测定基质中土霉素残留量 A、B、C、D 4 个处理分别为 102、162、234、319 μg·kg<sup>-1</sup>,土霉素降解率均达到 99.9%,到子实体阶段对成熟杏鲍菇子实体进行检测,以检测最低限 50 μg·kg<sup>-1</sup>为标准,4 个添加土霉素药渣的处理均未检测到土霉素残留。

表 4 土霉素残留量

Table 4 Terramycin residue μg·kg<sup>-1</sup>

处理 Treatment	土霉素残留量 Terramycin waste residue	菌丝体 Mycelial	子实体 Fruit body	测定下限 Determination limit
A	748 000	102	未检出	50
B	748 000	162	未检出	50
C	748 000	234	未检出	50
D	748 000	319	未检出	50

2.4 土霉素药渣主要养分的测定

食用菌栽培基质提供食用菌生长发育的营养物质,因此栽培基质所能提供的碳源、氮源及无机盐类的种类及含量的多少至关重要。由表 5 可知,土霉素药渣中有机碳源木质素含量 15.58%,纤维素含量 39.62%,蛋白质 50.02%,无机盐灰分 13.15%。

表 5 土霉素药渣主要成分

Table 5 Main components of terramycin waste residue %

木质素 Lignin	蛋白质 Protein	纤维素 Cellulose	灰分 Ash
15.58	50.02	39.62	13.15

3 结论与讨论

玉米芯中木质素含量 10.54%、半纤维素含量 31.42%、纤维素含量 35.64%、全氮 0.38%,C/N 比为 128:1,是一种碳源丰富,氮源相对较低的木腐菌栽培的主料<sup>[9]</sup>。由于氮源较低,目前生产上常添加麦麸、米糠、玉米粉、黄豆粉、花生麸和豆饼等作为增加氮源的辅料<sup>[2]</sup>。该研究以玉米芯为主料,添加一定比例的土霉素药渣为辅料栽培杏鲍菇,试验结果表明,玉米芯中随着添加土霉素药渣比例的增加,呈现菌丝生长速率加快,满瓶天数减少的趋势,且添加适宜比例的土霉素药渣,可明显提高第一茬杏鲍菇鲜菇的产量和生物学转化效率,其中 83%玉米芯添加 15%土霉素药渣的处理较优。

杏鲍菇是一种分解纤维素、木质素能力较强的食用菌,对土霉素药渣成分测定结果表明,土霉素药渣含有木质素 15.58%,纤维素 39.62%,可以为杏鲍菇的生命活动提供一定的能源有机质。

且经过测定,土霉素药渣中含有蛋白质 50.02%,经过杏鲍菇胞外蛋白酶分解成 8.00%可利用的有机氮被菌体吸收;冯伟林等<sup>[10]</sup>对福州、山东、江苏等地麸皮分析出麸皮氮含量为 2.79%~3.28%。结果表明,土霉素药渣与麸皮相比较,土霉素药渣能够为杏鲍菇的生长提供更多的氮源,玉米芯与土霉素药渣的组合可以提高杏鲍菇栽培的 C/N。

土霉素药渣能否再利用的关键在于土霉素药渣中土霉素残留是否能够完全降解。该研究在基质中添加土霉素药渣栽培杏鲍菇,土霉素药渣中土霉素残留量随着栽培进程的推移含量逐渐降低,子实体阶段在最低检测范围值内并未检测到。孙春晓等<sup>[11]</sup>认为土霉素对土壤生态毒理学指标的刺激率从大到小依次为真菌>细菌>放线菌,且在碱性条件和较高温度条件下,土霉素降解速率加快,是由于当环境温度接近于微生物适宜生长温度时,微生物酶活性大大提高,增加了土霉素的降解速率。王志强等<sup>[12]</sup>研究土霉素在鸡粪中的残留及降解规律,结果表明,鸡粪中土霉素的降解主要以微生物降解和光解为主。王慧琴等<sup>[13]</sup>利用黄孢原毛平革菌具有氧化特性、对木质素没有底物特异性及独特的吸附和降解能力,研究表明黄孢原毛平革菌能有效降解土霉素,且固定化的黄孢原毛平革菌的锰过氧化物酶与木质素氧化酶活性高,降解土霉素具有显著的优势。依据前人的分析,杏鲍菇可以将土霉素药渣中残留的土霉素降解,可能是由于杏鲍菇为一种白腐真菌,可以合成不同的胞外木质素降解酶类,在液体或固体发酵条件下可以分泌漆酶、Mn-过氧化物酶和芳基醇氧化酶等<sup>[14]</sup>。且杏鲍菇菌丝培养阶段温

度为 23~28℃,pH 8 等培养条件增加了杏鲍菇对土霉素的降解能力。关于杏鲍菇降解土霉素的关键酶及影响降解速率的培养条件有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 暴增海,杨辉德,王莉.食用菌栽培学[M].北京:中国农业科学技术出版社,2010.
- [2] 林群英,张锋伦,孙晓明,等.杏鲍菇生物学特性及栽培技术研究进展[J].中国野生植物资源,2013,32(1):11-14,23.
- [3] 刘超,闵育娜,段建功,等.土霉素药渣作为家禽蛋白质饲料的营养价值评价[J].西北农业学报,2002,11(2):13-17.
- [4] 何庆昌,张振民.土霉素菌体蛋白饲料的开发利用[J].饲料工业,1997,18(8):23-24.
- [5] 孙宏丽,闫正,王军,等.开发土霉素滤渣作为菌体蛋白饲料的新工艺[J].饲料工业,2009,30(18):40-42.
- [6] 陈洪章.纤维素生物技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [7] 熊素敏,左秀凤,朱永义.稻壳中纤维素、半纤维素和木质素的测定[J].粮食与饲料工业,2005(8):40-41.
- [8] 罗群.考马斯亮蓝法快速测定菜籽粕中可溶性蛋白质的含量[J].成都大学学报(自然科学版),2014,33(2):125-126,129.
- [9] 倪新江,潘迎捷.木腐性食用菌的几种常用栽培原料的成分分析[J].食用菌,1996(4):7.
- [10] 冯伟林,金群力,蔡为明,等.棉籽壳、玉米芯及麸皮的重要营养成分与重金属含量分析[J].食药菌,2012,20(4):220-221.
- [11] 孙春晓,宋文华,高敏苓.土霉素在土壤中降解特性研究[J].农业环境科学学报,2012,31(6):1141-1146.
- [12] 王志强,韩艳,张斌.土霉素在鸡粪中的残留及降解规律研究[J].农业环境科学学报,2011,30(10):2124-2129.
- [13] 王慧琴,赵敏.黄孢原毛平革菌降解土霉素的影响因素及酶活分析[J].生物技术世界,2016(2):20-21.
- [14] 刘鹏,邢增涛,赵明文.杏鲍菇研究进展[J].食用菌,2011(6):6-8.

## Feasibility Research on *Pleurotus eryngii* Cultivated With Terramycin Waste Residue

JIN Yazheng, XIN Longzuo, TA Xiucheng, WANG Jiqing

(Department of Horticulture, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075400)

**Abstract:** The feasibility on *Pleurotus eryngii* cultivated with terramycin waste residue which was added into matrix of cultivating *Pleurotus eryngii* with different proportion was researched and analyzed. The results showed that the component of terramycin waste residue include lignin 15.58%,

doi:10.11937/bfyy.20170179

## 白酒糟栽培鸡腿菇研究

郑华美, 国淑梅, 田华英, 王清伟, 王利, 牛贞福

(山东农业工程学院, 山东 济南 250100)

**摘要:**以鸡腿菇品种‘CC900’为试材,以白酒糟为栽培基质,辅以粘虫板,研究了白酒糟对鸡腿菇子实体产量、营养成分以及粘虫板对害虫诱杀效果的影响。结果表明:配方2(酒糟40%、玉米芯50%、麸皮9%、石膏1%)栽培鸡腿菇效果最佳,其生物转化率为133.6%,子实体蛋白质、纤维素含量增加,脂肪含量下降;栽培后菌糠的粗纤维含量下降,蛋白质、N、K等含量与CK差异不明显;出菇期间对主要害虫的诱杀效果黄色粘虫板好于蓝色粘虫板。

**关键词:**白酒糟;鸡腿菇;试验配方

**中图分类号:**646.1<sup>+</sup>9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)20-0167-05

近年来,我国白酒的年产量达到了500万~600万t<sup>[1]</sup>,白酒糟的产量也达到了2100万t<sup>[2]</sup>。目前国内对酒糟最为普遍的处理方式是作为饲料行业的原料或基料,一般经干燥脱水后或者直接

打包出售,而干燥处理将消耗大量能源,导致其附加值相当低有时甚至为负。如何对酒糟进行高效利用,变废为宝,提高其经济价值,则具有非常重要的研究价值。

随着生活水平的提高,人们对食用菌产品的需求量日渐增加。鸡腿菇形如鸡腿,营养丰富、味道鲜美,口感极好,经常食用有助于增进食欲、消化、增强人体免疫力,具有很高的营养价值,被誉为“菌中新秀”,在欧洲德、捷、荷等国大量栽培。由于鸡腿菇集营养、保健、食疗于一身,且色、香、味、形俱佳,炒食、炖食、煲汤均久煮不烂,滑嫩清香,因而备受人们青睐。但食用菌栽培原料价格不断上涨,造成生产成本大幅度提高。而酒糟中

**第一作者简介:**郑华美(1968-),女,山东乳山人,本科,副教授,现主要从事园艺教学与科研等工作。E-mail:zhm1968@163.com.

**责任作者:**牛贞福(1976-),男,山东东阿人,硕士,副教授,现主要从事食用菌教学与科研等工作。E-mail:zhenfuniu@163.com.

**基金项目:**济南市农业科技创新计划资助项目(201410);国家级大学生创新训练资助项目(201614439005)。

**收稿日期:**2017-04-01

cellulose 39.62%, protein 50.02% and ash 13.15%; the growth rate of mycelial could be improved, but the dates of filling the culture-bottle could be decreased with increasing proportion of terramycin waste residue, and it was significantly increased fresh mushroom yield and biological efficiency with proper proportion of terramycin waste residue. The best dispose was corncob 83% and terramycin waste residue 15%. The degradation rate of oxytetracycline could be reached 99.9% by *Pleurotus eryngii*, and terramycin residue was aero about fruit body of *Pleurotus eryngii* with four dispose on adding terramycin waste residue.

**Keywords:** terramycin waste residue; *Pleurotus eryngii*; mycelial growth rate; yield; terramycin degradation