

石膏添加量对平菇熟料栽培的影响

文 晴, 刘秋梅, 马浩佳, 竹 玮, 孙宪凯, 申进文

(河南农业大学 生命科学学院, 河南 郑州 450002)

摘 要:以平菇“新 831”为试材, 采用棉籽壳熟料栽培的方法, 研究 0%、1%、2%、3%、4%、5% 6 种石膏添加量对平菇生长发育、污染率和生物学效率的影响, 从而确定平菇熟料栽培的最适石膏添加量。结果表明: 菌丝长势随石膏添加量增加而减弱; 菌丝长速随石膏添加量增加呈先升后降的趋势, 石膏添加量为 3% 时, 菌丝长速最快; 添加石膏可显著降低菌袋污染率; 平菇生物学效率随石膏添加量增加呈先升后降趋势, 石膏添加量为 1% 时, 平菇生物学效率最高。综合各项指标得出, 棉籽壳熟料栽培平菇石膏的最适添加量为 1%。

关键词:平菇; 食用菌; 熟料栽培; 石膏; 生物学效率; Ca^{2+}

中图分类号:S 646.1⁺4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)16-0166-05

食用菌以其较高的食用和药用价值而深受广大消费者喜爱^[1]。随着国民生活水平和健康意识的提高, 食用菌的消费量不断增加。平菇以其原料来源广泛、栽培效益高、栽培技术简单易学等特点被广泛种植^[2-5], 已成为我国栽培量最大、栽培范围最广的食用菌^[6], 也是世界上继双孢蘑菇之后的第二大栽培食用菌^[7]。平菇的生长发育受到营养、温度、水分、光线、空气、酸碱度等诸多因素的影响^[8-13], 其中酸碱度在调节菌丝细胞内酸碱平衡和木质素降解酶系活性方面发挥一定的作用^[10-11, 13]。因此, 培养料 pH 高低对平菇菌丝的生长发育具有重要的影响。平菇菌丝生长的最适 pH 为 5.5~6.5^[12-13], 而栽培原料的初始 pH 多

在 7.0 左右, 灭菌后会稍有下降。平菇菌丝生长发育过程中会分泌有机酸, 从而使培养料的 pH 进一步降低, 最终影响平菇的产量。

硫酸钙俗称石膏, 具有较强的酸碱缓冲作用和蓄水能力^[14]。石膏在农业生产上应用较广, 加入适量石膏可以调节土壤的酸碱性, 改善栽培产品的质量, 并且改良效果持久^[15-16]。此外, 硫酸钙还可用作辅助原料, 用以补充培养基中钙和硫的不足, 增加基质的营养^[14]。然而, 目前关于石膏对食用菌生长发育的影响研究较少。该试验以棉籽壳为原料, 添加不同量的石膏, 研究石膏添加量对平菇熟料栽培的影响, 旨在探索出以棉籽壳为主料栽培平菇时石膏的最适添加量, 进而为平菇熟料栽培提供技术支撑。

第一作者简介:文晴(1987-), 女, 博士, 讲师, 现主要从事食用菌生理生化与分子生物学等研究工作。E-mail: wenqing.qing@163.com.

责任作者:申进文(1964-), 男, 硕士, 教授, 现主要从事食用菌栽培与生理生化等研究工作。E-mail: shenjinwen369@163.com.

基金项目:国家现代农业产业技术体系专项资金资助项目(CARS-24); 河南省高等学校重点科研资助项目(17A180022)。

收稿日期:2017-04-06

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试平菇“新 831”菌株, 由河南农业大学应用真菌研究室保藏。供试原料为棉籽壳, 石膏。

1.2 试验方法

1.2.1 石膏添加量

为了减少其它因素影响, 该试验以纯棉籽壳

作为栽培料,添加相应浓度的石膏。石膏添加量设置 6 个梯度,分别为 0%(对照)、1%、2%、3%、4%、5%。

1.2.2 菌袋制作

按照试验设计准确称取棉籽壳和石膏,倒入搅拌机后加水搅拌均匀。将拌匀的培养料装入 22 cm×36 cm×0.004 cm 的聚丙烯折角袋。装袋要虚实均匀,用塑料套环封口。将装好的料袋放入周转筐中 100 ℃常压灭菌 16 h。当袋温冷却至 30 ℃以下时,用二氯异氰尿酸钠($10\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$)熏蒸消毒 30 min 后,无菌一端接种。接种量以菌种封面为宜,保证接种量一致。每处理 200 袋,3 次重复。将接种后的菌袋置于温度 25 ℃,空气相对湿度 70% 以下,空气新鲜暗光的培养室培养。

1.2.3 出菇管理

菌丝满袋后搬入出菇棚进行常规出菇管理^[17]。出菇期间控制温度 15 ℃左右,空气相对湿度 90% 左右,及时通风换气,保持空气新鲜,给予散射光照,使平菇子实体正常生长。子实体边缘平展,连柄处下凹,颜色由深变浅时及时采收。每茬菇采收后,停水养菌 1 周左右,然后按照上述方法进行后茬菇管理。

1.3 项目测定

菌丝长势:指菌丝生长的强弱,包括菌丝颜色、粗细、浓密度、整齐度等。“+”“++”“+++”“++++”分别表示菌丝生长差、一般、较好、好。

菌丝生长速度:待菌丝长至“袋肩”时,用记号笔沿菌丝前端划线作为菌丝生长的起始线,待菌丝长至距离底部“袋肩”1 cm 时再次划线,并用刻度尺测量起始线和终止线之间的垂直距离,即为菌丝生长长度(cm)。菌丝生长速度($\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$)=菌丝生长长度(cm)/菌丝生长天数(d)。每个配方随机挑选 10 袋测定菌丝生长速度,结果取平均值。

生物学效率:用于反映平菇菌丝对栽培基质的生物转化效率。生物学效率(%)=鲜菇质量(g)/料干质量(g)×100。菌袋感染率(%)=染菌料袋/菌袋总数×100。

1.4 数据分析

采用 Origin lab 8.5 软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 石膏添加量对培养料 pH 的影响

由图 1 可知,培养料的 pH 在灭菌前、灭菌后、三茬菇采收后的差异较大。在灭菌前和灭菌后,添加石膏对培养料的 pH 影响不大。三茬菇采收后,各处理培养料的 pH 均显著降低,其中无石膏添加的对照组培养料的 pH 降至 4.82,但随着石膏添加量的增加,培养料的 pH 不断升高,当石膏添加量为 5% 时,培养料的 pH 为 5.35。由此来看,添加石膏可以中和菌丝生长代谢产生的有机酸,调整培养料的 pH,为平菇菌丝生长创造适宜的酸碱环境,促进平菇生长发育。

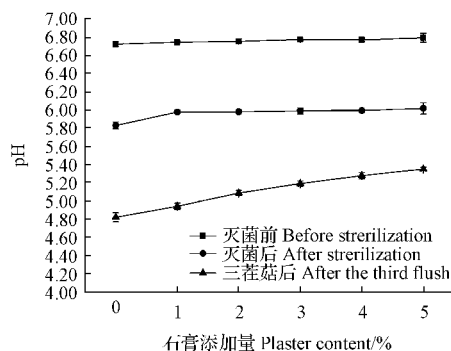


图 1 石膏添加量对培养料 pH 的影响

Fig. 1 Effect of plaster content on pH of substrate

2.2 石膏添加量对平菇菌丝生长和出菇时间的影响

由表 1 可知,不同石膏添加量对平菇菌丝萌发时间影响不大,对照组和处理组平菇菌丝均在 1~2 d 开始萌发;不同石膏添加量对平菇菌丝长势有显著影响。平菇菌丝在不添加石膏的培养料上长势最好,菌丝洁白、整齐、粗壮、浓密。随着石膏添加量的增加,平菇菌丝长势逐渐变弱。石膏添加量为 5% 时平菇菌丝长势最弱,菌丝白色、稀疏、细弱。但菌丝满袋后,随着培养时间的延长,添加不同量石膏的菌袋平菇菌丝长势渐趋一致;从出

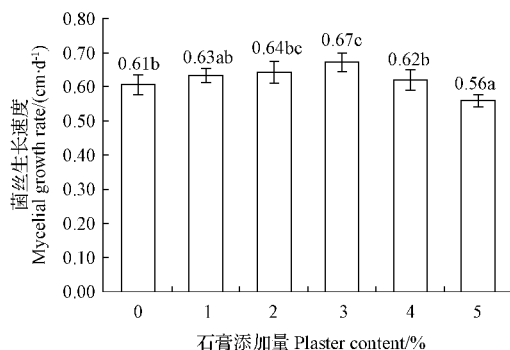
表 1 石膏添加量对平菇菌丝生长和出菇时间的影响

Table 1 Effect of plaster content on the mycelial growth and fruiting time of *P. ostreatus*

石膏添加量 Plaster content/%	0	1	2	3	4	5
菌丝萌发时间 The time of the sprout hypha/d	1	1	1	2	2	2
菌丝长势 Mycelial growth vigor	++++	+++	+++	++	++	+
出菇时间 Fruiting time/d	40	38	37	35	42	45

菇时间来看,适量添加石膏可缩短平菇出菇时间,过量添加使出菇时间延长,当添加量为 5% 时,出菇时间比对照组延长了 5 d。

由图 2 可知,石膏添加量对平菇菌丝生长速度有一定的影响。石膏添加量在 3% 以下时,随石膏添加量的增加,平菇菌丝生长逐渐加快。石膏添加量为 3% 时,平菇菌丝生长最快、长速达 $0.67 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。石膏添加量超过 3% 时,平菇菌丝生长速度随添加量的增加而逐渐下降。石膏添加量为 5% 时平菇菌丝生长最慢,生长速度只有 $0.56 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$,显著低于对照。可能是过量的石膏导致栽培料中可溶性 Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 浓度超过平菇菌丝生长所需,从而抑制了菌丝的生长^[14]。



注:不同字母表示 0.05 水平显著差异,下同。

Note: Different letters mean significant difference at the level of 0.05, the same below.

图 2 石膏添加量对平菇菌丝生长速度的影响

Fig. 2 Effect of plaster content on the mycelial growth rate of *P. ostreatus*

2.3 石膏添加量对平菇菌袋感染率的影响

由图 3 可知,在供试石膏添加范围内,石膏的添加能够显著降低菌袋的感染率。石膏添加量为 3% 时,平菇菌袋感染率最低,只有 1.47%,比对照组菌袋感染率低 57.14%。石膏添加量高于 3% 时,随石膏添加量的增加,平菇菌袋感染率明

显上升。造成上述现象的原因可能是石膏作为一种酸碱缓冲剂,能中和菌丝生长过程中产生的有机酸,从而抑制了喜微酸性环境杂菌的生长,但石膏添加量过大则抑制平菇菌丝生长,从而降低了其与杂菌竞争的能力,导致菌袋感染率上升。

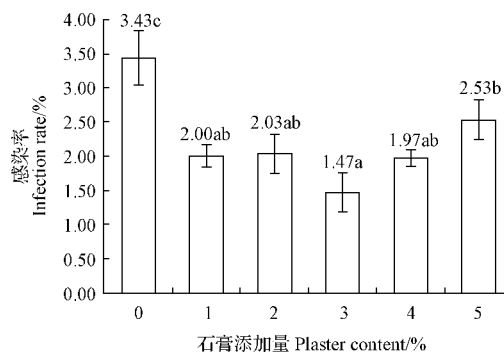


图 3 石膏添加量对平菇菌袋感染率的影响

Fig. 3 Effect of plaster content on the infection rate

2.4 石膏添加量对平菇栽培生物学效率的影响

由图 4 可知,棉籽壳中添加石膏对平菇栽培生物学效率有一定的影响。石膏添加量低于 2% 时,可提高平菇栽培生物学效率。石膏添加量大于 3% 时,平菇栽培生物学效率随石膏添加量的

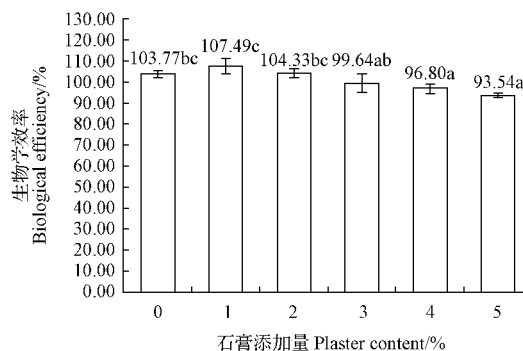


图 4 石膏添加量对平菇栽培生物学效率的影响

Fig. 4 Effect of plaster content on the biological efficiency of *P. ostreatus*

增加而降低,且显著低于对照。石膏添加量为1%时,平菇栽培生物学效率最高,达107.49%。这与ROYSE等^[18]的研究结果类似。钙离子作为木质素过氧化物酶(Lip)的辅基^[19],其适量添加可提高Lip的活性。因此,不同的石膏添加量可能通过影响Lip的活性,进而影响平菇菌丝对栽培料的降解效率。

3 讨论

在棉籽壳中添加石膏对平菇熟料栽培有显著影响。培养料中添加适量的石膏可提高平菇菌丝生长速度和栽培生物学效率,降低菌袋感染率。棉籽壳熟料栽培平菇石膏的最适添加量为1%。

钙和硫元素作为生命活动的必需元素,对平菇生长发育具有重要影响,添加适量CaSO₄可促进平菇菌丝生长^[20-21]。棉籽壳中添加石膏可使培养料中可溶性CaSO₄浓度发生变化,导致平菇木质纤维素降解酶活性变化^[19],进而影响平菇生长发育。此外,培养料的pH对平菇锰过氧化物酶(*mnp*)和多功能氧化酶(*vp*)基因的表达具有重要影响^[10],平菇菌丝在酸性(pH 3.0)或碱性(pH 8.0)培养基中生长时,大部分*mnp*和*vp*基因均表达下调,导致相应酶活性降低。不同的石膏添加量是否从以上2个方面影响了平菇的生长发育,值得进一步研究。

参考文献

- [1] 张坤贞,薛辉. 糙皮侧耳的营养价值及食用方法[J]. 农业知识,2004(14):32.
- [2] 郭美兰,曹兴明,穆俊祥,等. 平菇培养料配方比较研究[J]. 集宁师专报,2010(4):33-35.
- [3] 申进文,贾身茂,王振河,等. 食用菌生产技术大全[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2014.
- [4] 申进文. 平菇栽培实用技术[M]. 北京:中国农业出版社,2010.
- [5] 孙艳霞,侯伟. 平菇栽培1种新技术的研究[J]. 中国食用菌,2011,30(4):69.
- [6] 张金霞,陈强,黄晨阳,等. 食用菌产业发展历史、现状与趋势[J]. 菌物学报,2015,34(4):524-540.
- [7] SÁNCHEZ C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms[J]. Appl Microbiol Biotechnol,2009,85:1321-1337.
- [8] HOA H T, WANG C L, WANG C H. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*) [J]. Mycobiology, 2015, 43: 423-434.
- [9] 罗茂春,林标生,林跃鑫. 光质对红平菇菌丝体和子实体生长发育的影响[J]. 食品工业科技,2012,33(8):188-190.
- [10] FERNÁNDEZ-FUEYO E, CASTANERA R, RUIZ-DUEÑAS F J, et al. Ligninolytic peroxidase gene expression by *Pleurotus ostreatus*: Differential regulation in lignocellulose medium and effect of temperature and pH[J]. Fungal Genet Biol, 2014, 72: 150-161.
- [11] LÜ-CHAU T A, RUIZ-DUEÑAS F J, CAMARERO S, et al. Effect of pH on the stability of *Pleurotus eryngii* versatile peroxidase during heterologous production in *Emericella nidulans* [J]. Bioprocess Biosyst Eng, 2004(26):287-293.
- [12] 翁祖英,吴政声. 温度和 pH 对鲍鱼菇 8120 和平菇 P54 菌丝生长的影响[J]. 食用菌,2005(4):10-11.
- [13] OMAR R A, MIGUEL A D H, ISRAEL H T, et al. Effect of pH on growth of the mycelium of *Trichoderma viride* and *Pleurotus ostreatus* in solid cultivation mediums[J]. African J Agric Res, 2012, 7(34):4724-4730.
- [14] 黄明杰,张杰. 硫酸钙在农业应用中的简述[J]. 南方农业, 2016, 10(7):58-60.
- [15] 赵锦慧,乌力更,红梅,等. 石膏改良碱化土壤中所发生的化学反应的初步研究[J]. 土壤通报,2004,41(3):484-488.
- [16] 杜兴臣,杨明凯,关法春. 保护地盐碱化土壤石膏改良的应用技术[J]. 黑龙江农业科学,2008(5):70-71.
- [17] 申进文,郭恒,吴浩洁,等. 平菇高效栽培技术[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2001.
- [18] ROYSE D J, SANCHEZ-VAZQUEZ J E. Influence of precipitated calcium carbonate (CaCO₃) on shiitake (*Lentinula edodes*) yield and mushroom size[J]. Bioresour Technol, 2003, 90(2):225-228.
- [19] GAO Y, ZHENG L, LI J, et al. Insight into the impact of two structural calcium ions on the properties of *Pleurotus eryngii* versatile ligninolytic peroxidase[J]. Arch Bioch Biophys, 2016, 612: 9-16.
- [20] 高晨光. 钙盐对平菇菌丝生长的影响[J]. 科技视界, 2012(35):217.
- [21] THONGSOOK T, KONGBANGKERT T. Influence of calcium and silicon supplementation into *Pleurotus ostreatus* substrates on quality of fresh and canned mushrooms[J]. Food Sci Technol Int, 2011(17):351-365.

doi:10.11937/bfyy.20164845

黑木耳液体培养基配方优化

李 超, 李 红, 张 敏

(辽宁省农业科学院 食用菌研究所, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要:以“辽黑木耳1号”为试材,采用单因素试验和 $L_9(3^4)$ 正交优化实验,研究了不同碳源氮源和接种量对黑木耳菌丝生物量的影响,以期筛选出最佳黑木耳菌丝液体培养基配方。结果表明:黑木耳液体培养的最佳培养基配方为葡萄糖2.0%,酵母膏1.0%,磷酸二氢钾0.3%,硫酸镁0.15%,最佳接种量为10%,该条件下菌丝生物量可达 $12.3\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

关键词:黑木耳;液体培养基;配方

中图分类号:S 646.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)16-0170-04

黑木耳 (*Auricularia auricula* (L. ex Hook.) Underwood) 属担子菌纲木耳目木耳科木

耳属,又名木蛾、树耳、树蕈、黑耳、云耳,单生或群生。黑木耳味道独特,脆嫩爽口,营养丰富,食药兼备,被现代营养学家誉为“素中之荤”,世界上称之为“中餐中的黑色瑰宝”^[1-2]。由于黑木耳可食、可药、可补,消费者对此的需求量越来越大。

辽宁省黑木耳栽培规模日益扩大,液体菌种

第一作者简介:李超(1976-),男,硕士,副研究员,研究方向为食用菌育种及栽培。E-mail:lnnkylxy@163.com.

收稿日期:2017-03-20

Effect of Plaster Content on Sterilized Raw Material
Cultivation of *Pleurotus ostreatus*

WEN Qing, LIU Qiumei, MA Haojia, ZHU Wei, SUN Xiankai, SHEN Jinwen
(College of Life Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract: Via the method of the sterilized cotton seed hull cultivation, *Pleurotus ostreatus* ‘New 831’ was chosen as the experimental material to study the effect of six plaster contents (0%, 1%, 2%, 3%, 4% and 5%) on the growth and development, infection rate, the biological efficiency of *P. ostreatus*, thus to obtain the optimal plaster content for the sterilized raw material cultivation of *P. ostreatus*. The results showed that the mycelial growth vigor of *P. ostreatus* reduced with the increasing content of plaster. The mycelial growth rate increased firstly and then decreased with the plaster content increased, the fastest growth rate occurred at 3% plaster content. Infection rates significantly reduced by adding plaster. The biological efficiency increased firstly and then decreased with the increasing content of plaster, and the highest biological efficiency was obtained at 1% plaster content. The comprehensive results indicated that the optimal plaster content in sterilized cotton seed hull cultivation was 1%.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*; edible fungi; sterilized raw material cultivation; plaster; biological efficiency; Ca^{2+}