

杏鲍菇菌糠提取液对不同食用菌的化感作用

宋利茹^{1,2}, 窦宏强^{1,2}, 殷辉³, 梁倩倩^{1,2}, 席亚丽^{1,2}, 魏生龙^{1,2*}

(1. 河西学院厅市共建甘肃省食用菌遗传育种重点实验室, 张掖 734000;

2. 河西学院甘肃省应用真菌工程实验室, 张掖 734000;

3. 河西学院农业与生物技术学院, 张掖 734000)

摘要: 杏鲍菇是一种近几年来发展较快的药食两用型食用菌。随着杏鲍菇工厂的逐年增多, 产生的菌糠也越来越多, 菌糠如何再利用, 是目前研究的热点问题。采用平板培养法研究了杏鲍菇菌糠的水提液和醇提液对姬菇、金针菇、杏鲍菇、猴头菇、白玉菇和白灵菇 6 种食用菌菌丝生长的影响。结果表明, 杏鲍菇菌糠的水提液和醇提液对供试食用菌菌丝生长均有不同程度的影响, 水提液有利于猴头菇、白灵菇、姬菇和白玉菇菌丝的生长; 醇提液有利于猴头菇和白玉菇菌丝生长; 2 种提取液均不利于杏鲍菇菌丝的生长。

关键词: 杏鲍菇; 菌糠; 菌丝生长

中图分类号: S646.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2017)06-1144-05

Allelopathy of spent substrate extract of *Pleurotus eryngii* on different edible mushrooms

SONG Liru^{1,2}, DOU Hongqiang^{1,2}, YIN Hui³, LIANG Qianqian^{1,2}, XI Yali^{1,2}, WEI Shenglong^{1,2}

(1. Gansu Key Laboratory of Edible Mushroom Genetics and Breeding, Co-constructed by Department of Science and Technology and Zhangye Municipality, Hexi University, Zhangye 734000;

2. Gansu Engineering Laboratory of Application Mycology, Hexi University, Zhangye 734000;

3. School of Life Science and Engineering, Hexi University, Zhangye 734000)

Abstract: *Pleurotus eryngii* is a rapidly produced medicinal and edible mushroom in recent years. With the the factory number increased year by year, production of spent substrates of *Pleurotus eryngii* are increasing; therefore utilization of the spent substrates has become a hot issue. The allelopathy of spent substrate extracts (water and ethanol extract) of *Pleurotus eryngii* on the mycelium growth of six edible mushrooms, including *Pleurotus cornucopiae*, *Flammulina velutiper*, *Pleurotus eryngii*, *Hericium erinaceus*, *Hypsizygus marmoratus* and *Pleurotus ferulae* were investigated using Petri dishes approach. The results indicated that spent substrate extracts of *Pleurotus eryngii* had different effects on the growth of mycelia. The mycelia of *Hericium erinaceus*, *Pleurotus ferulae*, *Pleurotus cornucopiae* and *Hypsizygus marmoratus* grew better with water extract, while the mycelia of *Hericium erinaceus* and *Hypsizygus marmoratus* grew better with ethanol extract. However, the mycelia of *Pleurotus eryngii* were inhibited by spent substrate extracts.

Key words: *Pleurotus eryngii*; spent substrate; mycelium growth

杏鲍菇 (*Pleurotus eryngii*) 又名刺芹侧耳, 隶属担子纲、伞菌目 (*Agaricales*)、侧耳科 (*Pleurotaceae*)、侧耳属 (*Pleurotus*)。杏鲍菇具有丰富的营养和保健功能, 有“菇中之王”的美誉, 因此获得了国内外消费者的青睐^[1-2]。目前, 国内杏鲍菇的工厂化栽培已经形成了一定规模^[3-5], 杏鲍菇

工厂的增加产生的菌糠也越来越多, 比如 2014 年国内杏鲍菇产量达 107.5 万 t, 如果生物学效率按 60% 计算, 全年杏鲍菇产业产生的菌糠至少约 64.5 万 t。据研究杏鲍菇菌糠中粗蛋白、粗纤维、木质素、氨基酸、钙及磷等营养物质含量丰富, 汞、镉和铅等重金属含量较低^[6-8], 具有重新作为栽培基质、菌糠

收稿日期: 2017-03-08

基金项目: 河西学院青年教师科研基金 (QN2014-18) 和甘肃省高校协同创新科技团队支持计划 (2016C-02) 共同资助。

作者简介: 宋利茹, 博士, 副研究员。E-mail: songliru2006@126.com

* 通信作者: 魏生龙, 教授。E-mail: zyws0281@163.com

饲料或有机肥的潜力^[9-16]。如果将杏鲍菇菌糠循环利用,不但完成了物质资源的充分利用同时也实现了农业生态的良性循环。

目前,杏鲍菇菌糠作为食用菌栽培基质已有一定的研究报道^[9-14]。这些研究表明,杏鲍菇菌糠虽然营养物质丰富,但杏鲍菇菌糠并不适合所有的食用菌菌丝的生长,如杏鲍菇菌糠对毛木耳、黑木耳和鸡腿菇的菌丝生长没有影响,但杏鲍菇菌糠对金福菇、灵芝、真姬菇、秀珍菇和平菇菌丝生长具有不同程度的抑制作用。这些研究还指出可能是由于杏鲍菇菌糠中存在一些次生代谢物质,对食用菌的生长存在一定的化感作用(allelopathy),使食用菌菌丝生长表现一定的促进或抑制作用。因此,杏鲍菇菌糠若作为栽培基质需要进行较系统的研究。本研究分析了杏鲍菇菌糠的水提液和醇提液对姬菇(*Pleurotus cornucopiae*)、金针菇(*Flammulina velutiper*)、杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*)、猴头菇(*Hericiium erinaceus*)、白玉菇(*Hpysizygyus marmorus*)及白灵菇(*Pleurotus ferulae*)6种食用菌菌丝体生长的化感作用,为杏鲍菇菌糠循环再利用栽培食用菌提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌株 供试食用菌品种有姬菇(*Pleurotus cornucopiae*)、金针菇(*Flammulina velutiper*)、杏鲍菇(*Pleurotus eryngii*)、猴头菇(*Hericiium erinaceus*)、白玉菇(*Hpysizygyus marmorus*)和白灵菇(*Pleurotus ferulae*)。由甘肃省应用真菌工程实验室提供。

1.1.2 菌糠 杏鲍菇菌糠由甘肃张掖善之荣现代农业有限公司提供。杏鲍菇培养基料为玉米芯 59%、棉籽壳 20%、麸皮 15%、玉米面 5%、石灰 0.5%和石膏 0.5%。

1.1.3 仪器设备 分析天平、高压灭菌锅、AIR TECH 超净工作台、生化培养箱、恒温烘箱、凯氏蒸馏装置、LRHO2500G 粉碎机、电磁炉。

1.2 方法

1.2.1 菌糠水提液的制备 按参考文献[17]中的方法略加修改。

1.2.2 菌糠醇提液的制备 按参考文献[18]中的方法略加修改。

1.2.3 培养基的制备 将杏鲍菇菌糠水提液和醇提液分别按 5:0、4:1、3:2、4:2 及 0:5 的体积比与 PDA 培养基混合,得到 12 种分别含杏鲍菇菌糠水提液、

醇提液 0(对照)、20%、40%、60%、80%和 100%的培养基,高压灭菌 30 min。无菌条件下等量(约 10 mL)倒入同一规格培养皿中,摇匀、冷却备用。

1.2.4 培养 用打孔器将 PDA 培养基上培养好的 6 种食用菌菌块接到培养皿中央,每种配方接平板 5 个,重复 3 次,整个过程均在无菌条件下。25℃ 培养室中黑暗培养。观察、记录菌丝萌发时间,菌丝萌发后每隔 48 h 观测菌丝生长状态,并用十字交叉法测定菌落直径,取平均值,同时记录菌丝长势及菌丝颜色。

1.3 数据处理

用 Excel2010 软件对数据进行统计、作图,用 SPSS19.0 统计软件进行处理,各组间数据比较采用单因素方差分析,显著性水平为 0.05。化感效应指数(RI)公式为: $RI = T/C - 1$ 式中: C 为对照值(CK), T 为处理值。 $RI > 0$ 表示促进作用, $RI < 0$ 表示抑制作用, RI 绝对值大小反应化感作用的强度^[19-20]。

“+++”表示菌丝生长浓密健壮,“++”表示菌丝生长较浓密,“+”表示菌丝生长,“-”表示菌丝不生长^[21]。

2 结果与分析

杏鲍菇菌糠水提液对 6 种食用菌菌丝生长速度和长势的影响见表 1,杏鲍菇菌糠醇提液对 6 种食用菌菌丝生长速度和长势的影响见表 2。

2.1 不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对猴头菇菌丝生长的影响

不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对猴头菇菌丝生长的影响见表 1、表 2 和图 1。

结果表明,不同浓度杏鲍菇菌糠提取液对猴头菇菌丝的生长影响显著,菌糠提取液对猴头菇菌丝的生长始终表现为促进作用。杏鲍菇菌糠水提液对猴头菇菌丝的生长随着菌糠浓度的增加促进作用减弱,以浓度 40%~80%对猴头菇菌丝生长促进作用明显,菌丝浓密;当浓度达到 100%时猴头菇菌丝生长速度缓慢,菌丝稀疏。杏鲍菇菌糠醇提液对猴头菇菌丝的生长始终表现为促进作用,但随着浓度的增加,促进作用减弱,菌丝浓密、粗壮。

2.2 不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对白灵菇菌丝生长的影响

不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对白灵菇菌丝生长的影响见表 1、表 2 和图 2。

结果表明,浓度 20%~100%的菌糠水提液对白灵菇菌丝的生长有明显的促进作用,以浓度 20%时化感效应指数达到最高为 98%,而随着水提液浓度的增

加对白灵菇菌丝的生长没有显著变化, 菌丝浓密。菌糠醇提液浓度为20%时对白灵菇菌丝生长具有一定的促进作用但不显著, 而随着醇提液浓度的增加对白灵菇菌丝生长具有一定的抑制作用但不显著, 尤其以浓度60%对白灵菇菌丝生长抑制作用最强, 化感效应指数为-17%, 菌丝稀疏。总体看来, 菌糠

水提液对白灵菇菌丝的生长促进作用优于醇提液。

2.3 不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对杏鲍菇菌丝生长的影响

不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对白灵菇菌丝生长的影响见表1、表2和图3。

表 1 杏鲍菇菌糠水提液对 6 种食用菌菌丝生长速度及长势的影响

Table 1 Effect of water extract of *Pleurotus eryngii* on mycelial growth rate and vigor of six edible mushrooms

处理方式/% Treatment	猴头菇 <i>Hericium erinaceus</i>		白灵菇 <i>Pleurotus ferulae</i>		杏鲍菇 <i>Pleurotus eryngii</i>	
	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势
0	3.76±0.335 ^c	+	1.94±0.159 ^b	+	8.48±0.332 ^a	+++
20	4.14±0.084 ^{bc}	+	3.24±0.167 ^a	++	8.91±0.209 ^a	+++
40	6.38±0.548 ^a	+++	3.15±0.396 ^a	++	8.52±0.209 ^a	+++
60	5.90±0.343 ^a	++	3.06±0.427 ^a	++	8.48±0.332 ^a	+++
80	6.14±0.165 ^a	+++	3.21±0.159 ^a	++	8.66±0.523 ^a	+++
100	4.72±0.217 ^b	+	3.21±0.159 ^a	++	8.28±0.217 ^a	+++

姬菇 <i>Pleurotus cornucopiae</i>		金针菇 <i>Flammulina velutiper</i>		白玉菇 <i>Hypsizygus marmoris</i>	
菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势
8.67±0.405 ^b	++	8.48±0.253 ^a	++	2.71±0.165 ^c	+
8.66±0.047 ^b	++	8.29±0.165 ^{ab}	++	3.14±0.248 ^{bc}	+
8.67±0.343 ^b	++	6.71±0.165 ^d	+	3.67±0.172 ^{ab}	++
8.72±0.143 ^b	++	6.90±0.193 ^{cd}	+	3.86±0.084 ^{ab}	++
9.76±0.097 ^a	+++	7.62±0.171 ^{bc}	+	4.29±0.143 ^a	++
9.76±0.050 ^a	+++	7.38±0.127 ^{cd}	+	4.14±0.084 ^a	++

注: 采用 Duncan 法进行多重比较, 同一列中不同/相同小写英文字母表示差异达到显著水平/无统计学差异 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Using Duncan's Multiple comparison, values with different/same lower-case letters in the same column indicate significant difference/no significant difference ($P < 0.05$). The same below.

表 2 杏鲍菇菌糠醇提液对 6 种食用菌菌丝生长速度及长势的影响

Table 2 Effect of ethanol extract of *Pleurotus eryngii* on mycelial growth rate and vigor of six edible mushrooms

处理方式/% Treatment concentrations	猴头菇 <i>Hericium erinaceus</i>		白灵菇 <i>Pleurotus ferulae</i>		杏鲍菇 <i>Pleurotus eryngii</i>	
	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势
	Mycelium growth speed	Mycelium growth vigor	Mycelium growth speed	Mycelium growth vigor	Mycelium growth speed	Mycelium growth vigor
0	2.92±0.210 ^c	+	2.93±0.097 ^a	+	7.13±0.329 ^a	+++
20	4.38±0.001 ^a	++	3.30±0.297 ^a	++	6.71±0.150 ^{ab}	+++
40	4.17±0.210 ^{ab}	++	2.74±0.132 ^a	++	6.13±0.794 ^b	+++
60	3.83±0.220 ^{ab}	++	2.45±0.420 ^a	++	6.29±0.183 ^{ab}	+++
80	4.00±0.144 ^{ab}	+++	3.04±0.160 ^a	++	3.67±0.150 ^c	++
100	4.33±0.220 ^a	+++	2.96±0.491 ^a	++	4.17±0.112 ^c	+

姬菇 <i>Pleurotus cornucopiae</i>		金针菇 <i>Flammulina velutiper</i>		白玉菇 <i>Hypsizygus marmoris</i>	
菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势	菌丝生长速度/mm·d ⁻¹	菌丝长势
Mycelium growth speed	Mycelium growth vigor	Mycelium growth speed	Mycelium growth vigor	Mycelium growth speed	Mycelium growth vigor
7.92±0.150 ^b	+++	5.63±0.314 ^{bc}	+++	2.75±0.144 ^b	+
8.84±0.043 ^a	+++	6.08±0.083 ^{ab}	+++	3.54±0.252 ^{ab}	++
8.25±0.382 ^{ab}	+++	6.67±0.324 ^a	+++	4.13±0.192 ^a	+++
8.29±0.231 ^{ab}	+++	5.13±0.500 ^c	++	4.25±0.192 ^a	+++
8.04±0.109 ^{ab}	+++	5.13±0.190 ^c	+++	4.42±0.112 ^a	+++
6.46±0.220 ^c	++	5.38±0.072 ^{bc}	++	3.88±0.072 ^a	++

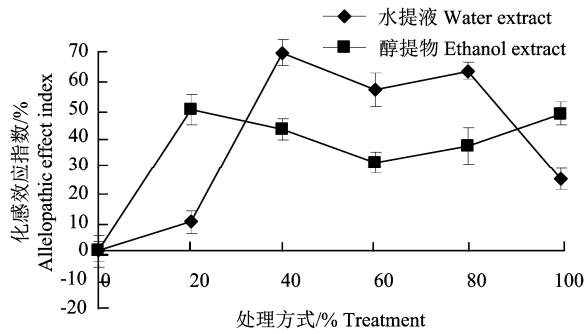


图 1 杏鲍菇菌糠提取液对猴头菇菌丝生长的影响

Figure 1 Effect of spent substrate extract of *Pleurotus eryngii* on the mycelial growth of *Hericium erinaceus*

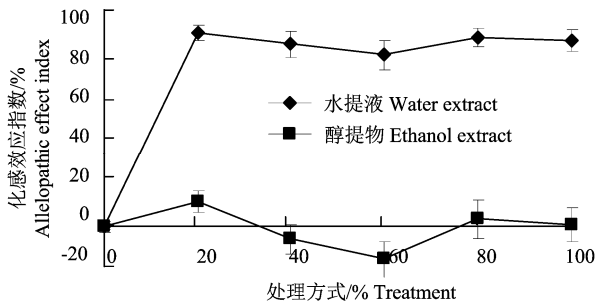


图 2 杏鲍菇菌糠提取液对白灵菇菌丝生长的影响

Figure 2 Effect of spent substrate extract of *Pleurotus eryngii* on the mycelial growth of *Pleurotus ferulae*

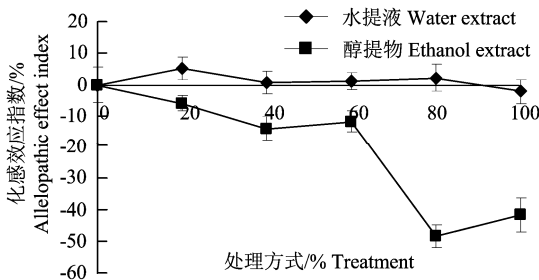


图 3 杏鲍菇菌糠提取液对杏鲍菇菌丝生长的影响

Figure 3 Effect of spent substrate extract of *Pleurotus eryngii* on the mycelial growth of *Pleurotus eryngii*

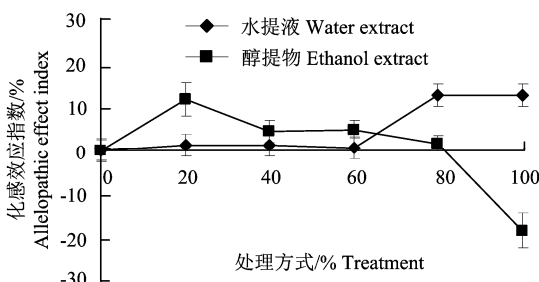


图 4 杏鲍菇菌糠提取液对姬菇菌丝生长的影响

Figure 4 Effect of spent substrate extract of *Pleurotus eryngii* on the mycelial growth of *Pleurotus cornucopiae*

结果表明, 添加杏鲍菇菌糠水提液对杏鲍菇菌丝的生长没有显著影响, 菌丝浓密粗壮。添加杏鲍菇菌糠醇提液对杏鲍菇菌丝生长均有较强的抑制作

用, 且随着浓度增加, 抑制作用增强, 当浓度为 80% 时达到最强, 化感效应指数为-49%, 菌丝稀疏。

2.4 不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对姬菇菌丝生长的影响

不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对白灵菇菌丝生长的影响见表 1、表 2 和图 4。

结果表明, 杏鲍菇菌糠水提液当浓度为 20%~60% 时, 对姬菇菌丝生长没有显著影响, 当浓度大于 60% 时, 水提液对姬菇菌丝生长具有一定促进作用, 但当浓度大于 80% 时, 菌糠水提液对姬菇菌丝生长的促进作用不随着浓度增加而增强, 浓度 80% 时, 化感效应指数最大为 13%, 菌丝浓密、粗壮。杏鲍菇菌糠醇提液浓度为 20%~60% 时, 对姬菇菌丝生长具有一定的促进作用, 菌丝浓密; 当菌糠醇提液浓度大于 80% 时则表现为抑制菌丝生长, 且在 100% 时达到最强, 化感效应指数为-19%。

2.5 不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对金针菇菌丝生长的影响

不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对白灵菇菌丝生长的影响见表 1、2 和图 5。

结果表明, 添加杏鲍菇菌糠水提液对金针菇菌丝的生长始终表现为抑制作用, 以浓度为 40% 时抑制作用表现最强, 化感效应指数为-21%, 菌丝稀疏。杏鲍菇菌糠醇提液当浓度为 20%~40% 时对金针菇菌丝的生长具有一定的促进作用, 菌丝浓密; 当菌糠醇提液浓度大于 60% 时则表现为抑制菌丝的生长, 但不显著, 且在 60% 达到最强, 化感效应指数为-9%。

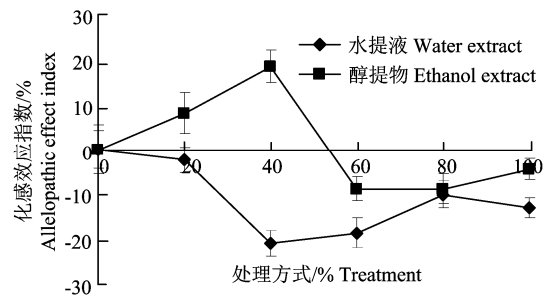


图 5 杏鲍菇菌糠提取液对金针菇菌丝生长的影响

Figure 5 Effect of spent substrate extract of *Pleurotus eryngii* on the mycelial growth of *Flammulina velutiper*

2.6 不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对白玉菇菌丝生长的影响

不同浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对白灵菇菌丝生长的影响见表 1、表 2 和图 6。

结果表明, 杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对白玉菇菌丝的生长始终表现为促进作用, 当浓度为 20%~80% 的杏鲍菇菌糠水提液和醇提液随着菌糠

提取液浓度的增加,促进作用增强,菌丝浓密。当菌糠提取液浓度大于80%时促进作用明显减弱。

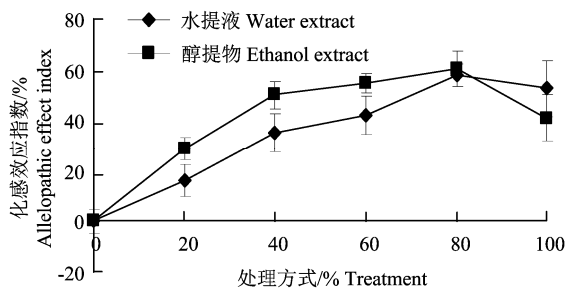


图6 杏鲍菇菌糠提取液对白玉菇菌丝生长的影响

Figure 6 Effect of spent substrate extract of *Pleurotus eryngii* on the mycelial growth of *Hypsizygus marmoratus*

3 讨论与结论

本研究发现,杏鲍菇菌糠水提液和醇提液对供试食用菌菌丝生长均有一定的影响。当PDA培养基中加入菌糠水提液,对猴头菇、白灵菇、姬菇和白玉菇菌丝的生长具有明显的促进作用,对金针菇菌丝生长具有显著的抑制作用,而对杏鲍菇菌丝生长没有影响。当PDA培养基中加入菌糠醇提液,对猴头菇和白玉菇的菌丝生长具有显著促进作用,加入浓度为20%和40%的醇提液,有利于金针菇和姬菇菌丝的生长,但随着醇提液浓度的增加对2种食用菌菌丝的生长表现抑制作用,醇提液对杏鲍菇菌丝生长具有显著地抑制作用,而对白灵菇菌丝生长没有影响。说明一定浓度杏鲍菇菌糠水提液和醇提液适合猴头菇、白玉菇、白灵菇和姬菇菌丝的生长,但不适合杏鲍菇和金针菇菌丝的生长。张国广等^[13]研究表明杏鲍菇菌糠对真姬菇菌丝生长抑制作用较小,但对灵芝、秀珍菇和平菇抑制作用较大,指出亲缘关系较近的菌物具有特定元素吸收利用偏好性特征。梁明勤等^[14]研究表明亲缘关系较近的菌类之间,其菌糠中的次生代谢物质对其菌丝生长有抑制作用。本研究中杏鲍菇菌糠水提液和醇提液均不利于杏鲍菇菌丝的生长,说明菌糠中有利杏鲍菇生长的特定元素已经大部分被吸收利用,因此,生产中菌糠的再利用应避免亲缘关系较近的物种。曾荣耀等^[22]研究表明食用菌菌糠中除了丰富的营养物质外还含有萜类、生物碱和类脂等一些次生代谢物质,而这些次生代谢物质可能会不利于食用菌菌丝的生长。邹金美等^[12]研究指出杏鲍菇菌糠对金福菇菌丝的生长产生抑制作用,可能是由于次生代谢物质的作用。而本研究中杏鲍菇菌糠同样不利于金针菇菌丝的生长,可能次生代谢产物对其具有一定影

响。食用菌菌糠作为栽培基质循环利用是对生物质最大程度上的合理利用,但不同食用菌对菌糠的利用有一定的偏好性,因此,需经过菌糠对菌丝生长影响的验证。本研究为杏鲍菇菌糠的科学和合理利用提供了合理的参考。

参考文献:

- [1] 白胡木吉力图,包岩峰,刁亚娟,等. 杏鲍菇不同培养料配方筛选试验[J]. 广东农业科学, 2013(15): 42-43.
- [2] 赵慧,张骥,闫路娜. 响应面法优化杏鲍菇粗多糖提取工艺的研究[J]. 河北科技大学学报, 2017, 38(1): 80-86.
- [3] 高君辉. 杏鲍菇工厂化栽培技术要点[J]. 食用菌, 2001, 23(5): 34.
- [4] 陈平,毕绍波,张敏. 智能控制菇房环境栽培杏鲍菇的技术研究[J]. 食用菌, 2004, 26(5): 23-24.
- [5] 郑雪平,翼宏,尹永刚,等. 中国杏鲍菇工厂化生产实践及问题分析与展望[J]. 食用菌, 2014(1): 7-11.
- [6] 程翊,曾辉,卢政辉,等. 杏鲍菇菌渣循环利用技术研究[J]. 中国食用菌, 2011, 30(5): 19-21.
- [7] 范文丽,李天来,代洋,等. 杏鲍菇、香菇、金针菇、蛹虫草、滑菇、平菇菌糠营养分析评价[J]. 沈阳农大学学报, 2013, 44(5): 673-677.
- [8] 陆娜,袁卫东,周祖法,等. 4种工厂化食用菌菌糠的主要营养成分及重金属分析[J]. 中国食用菌, 2015, 34(6): 42-44.
- [9] 王家才,黄海洋,苏瑞峰,等. 杏鲍菇菌糠栽培双孢蘑菇初探[J]. 食用菌, 2017(1): 35-36.
- [10] 卢勇,巩晓丽,李培习. 杏鲍菇菌糠再利用栽培黑木耳配方试验[J]. 蔬菜, 2016(4): 29-30.
- [11] 卢勇,王敏,李培习. 杏鲍菇菌糠栽培秀珍菇配方试验[J]. 长江蔬菜, 2016(10): 75-77.
- [12] 邹金美,余慧金,吴美莲,等. 工厂化杏鲍菇菌糠对几种食用菌菌丝生长的影响[J]. 北方园艺, 2014(20): 14-152.
- [13] 张国广,王丽霞,占凌云,等. 杏鲍菇菌糠提取液对4种食用菌菌丝生长影响[J]. 中国食用菌, 2009, 28(5): 19-20.
- [14] 梁明勤,海建平,陈世昌,等. 杏鲍菇菌糠对鸡腿菇菌丝生长和产量[J]. 河南农业科学, 2012, 41(10): 118-121.
- [15] 郭万正,魏金涛,赵娜,等. 杏鲍菇菌糠配制波尔山羊全混合颗粒日粮的研究[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(15): 27-32.
- [16] 陆亚珍,王恒昌,申远航,等. 杏鲍菇菌糠的营养价值评价及其在羊日粮中的应用效果[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(3): 117-118, 166.
- [17] 陈恒雷,王铁群,万红贵,等. 阿魏菇菌糠成分测定及对四种大宗食用菌化感效应研究[J]. 北方园艺, 2009(5): 210-212.
- [18] 李挺,宋斌,林敏,等. 真姬菇菌糠提取液对5种食用菌的化感作用[J]. 中国食用菌, 2013, 32(1): 38-40.
- [19] ARAYA H. Allelopathic activities in litters of mushrooms[J]. ACS Sym Ser, 2004, 892(6): 63-72.
- [20] FRANCISCO A M, JUAN C G, JOSE M M. Allelopathy: Chemistry and mode of action of allelochemicals[M]. UK: Taylor & Francis Library, 2003.
- [21] 魏生龙,王治江,于海萍,等. 荷叶离褶伞分离驯化研究[J]. 西北农业学报, 2005, 14(5): 128-131.
- [22] 曾荣耀,郑林用,罗霞. 蕈菌次生代谢产物中的活性成分[J]. 中国食用菌, 2008, 27(1): 43-45.