

# 以洞庭湖区不同生长期南荻为栽培基质的平菇的生物学效率和品质

汪丽燕<sup>1,2</sup>, 王卫<sup>1</sup>, 谢永宏<sup>1\*</sup>, 陈心胜<sup>1</sup>, 李峰<sup>1</sup>, 邓正苗<sup>1</sup>, 邹业爱<sup>1</sup>

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 亚热带农业生态过程重点实验室, 洞庭湖湿地生态系统观测研究站, 湖南长沙 410125; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:**在洞庭湖地区,已经停止利用南荻(*Triarrhena lutarioriparia*)造纸。将南荻作为基质栽培食用菌是一种利用南荻的新途径。2020年4月至6月,利用生长期不同的南荻(2019年5月、9月、10月、11月和12月收割的南荻),按照50%南荻+40%棉籽壳+10%麸皮的配方,制成基质,栽培平菇(*Pleurotus ostreatus*),收获前两茬平菇后,研究平菇的生物学效率、粗蛋白含量和粗纤维含量,确定洞庭湖区南荻的最佳收割期。研究表明,利用5月、9月、10月、11月和12月收割的南荻作为主要原料制成的基质栽培平菇,收获的前两茬平菇的生物学效率分别为80.7%、71.1%、68.9%、62.5%和63.7%,其粗蛋白含量分别为17.29%、16.05%、16.72%、17.62%和17.39%,其粗纤维含量分别为7.48%、7.50%、6.86%、7.71%和7.14%,利用不同生长期南荻基质栽培的平菇的粗蛋白含量、粗纤维含量都无显著差异;前两茬平菇的平均生物学效率分别与栽培基质的羧甲基纤维素酶活性、木聚糖酶活性显著正相关;在洞庭湖区,为了保障南荻资源的可持续发展,利用10月收割的南荻作为平菇的栽培基质更合理。

**关键词:**南荻;栽培基质;平菇;生物学效率;粗蛋白;粗纤维

中图分类号:Q949.99 文献标识码:A 文章编号:1672-5948(2022)05-709-06

湿地中的一些植物具有经济利用价值<sup>[1]</sup>。例如,可以利用芦苇(*Phragmites australis*)造纸和制造建筑材料<sup>[2-3]</sup>,可以利用菖蒲(*Acorus calamus*)和美人蕉(*Canna indica*)制造生物炭<sup>[4]</sup>。在洞庭湖区,南荻(*Triarrhena lutarioriparia*)和芦苇混生,在南荻-芦苇群落的总生物量中,南荻的生物量占总生物量的80%。由于南荻可以用于造纸,所以从1965年开始,南荻在洞庭湖区被大规模种植,截至2018年,南荻的种植面积达到了 $134 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,年产量为 $101 \times 10^4$  t。为了保护洞庭湖的生态环境,2018年3月,湖南省政府下发了《洞庭湖区造纸企业引导退出实施方案》(湘政办函(2018)36号),从此,在洞庭湖区,南荻不再被用作造纸原料。弃收南荻不仅使洞庭湖的净化功能降低,而且还使洞庭湖水体富营养化<sup>[5]</sup>和南荻种群退化<sup>[6]</sup>。因此,新

的南荻利用产业开发势在必行。

食用菌栽培基质的主要原料是棉籽壳、玉米芯和木屑,然而受原料产地、长途运输和封山育林政策的影响,棉籽壳和木屑价格不断上涨,食用菌种植户已经开始寻找替代的基质原料。南荻为禾本科(Poaceae)多年生草本植物,南荻的生长期为每年的3月至11月。南荻的纤维素含量约为41%,半纤维含量约为31%,木质素含量约为23%,全氮质量比为5.76~11.07 mg/g,全磷质量比为1.14~2.11 mg/g<sup>[6]</sup>。如果南荻可以作为食用菌的栽培基质原料,那么将南荻收割并利用,不仅可以使南荻从水体中吸收和固定的氮、磷等营养物质从水体中移除,而且还可以为食用菌种植户提供廉价的食用菌栽培基质原料,从而降低了生产成本,使种植户获得更高的经济效益。

收稿日期:2021-11-23; 修订日期:2022-07-02

基金项目:湖南省重点领域研发计划项目(2020NK2012)和国家基础性工作调查专项课题(2019FY100602)资助。

作者简介:汪丽燕(1997-),女,福建省安溪人,硕士研究生,从事植物资源利用研究。E-mail: 1484311850@qq.com

\*通讯作者:谢永宏,研究员。E-mail: yonghongxie@163.com

目前,关于南荻被用作食用菌栽培基质的研究鲜见报道。栽培基质的养分含量是影响食用菌子实体的产量和品质的重要因素<sup>[7-9]</sup>,而南荻生长时长是决定南荻养分含量的重要因素。平菇(*Pleurotus ostreatus*)是最常见的栽培食用菌,其生长周期短,对生产环境要求低,且不易受病害影响。平菇的菌丝通过分泌胞外酶类(纤维素酶、半纤维素酶和木质素酶等),降解纤维素和木质素等大分子物质,为自身生长发育提供所需要的能源物质<sup>[10]</sup>。胞外酶活性会影响平菇的产量。

本研究比较了以不同生长期的南荻作为栽培基质生产的平菇的生物学效率和养分含量,分析了基质胞外酶活性与平菇生物学效率的关系,从改善环境和南荻可持续发展角度,确定了南荻的最佳收割期,以期在南荻的资源化利用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

分别于2019年5月10日、9月17日、10月20日、11月20日和12月29日,在季节性淹水(6~8月淹水)的东洞庭湖的小西湖,收割了1000 kg南荻。将收割的南荻晾晒干后,利用420型粉碎机,将其粉碎为南荻屑。

在湖南省岳阳市的钱粮湖镇市场,购买了800 kg棉籽壳和200 kg小麦麸皮。

在山东省临沂市的味之源菌业有限公司,购买了5 kg“夏灰”平菇菌种。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 实验时间和地点

于2020年4月至6月,在中国科学院洞庭湖湿地生态系统观测研究站,开展平菇栽培实验。

#### 1.2.2 栽培基质制造

以南荻屑质量:棉籽壳质量:麸皮质量(干质量)为50:40:10的配方,准备南荻屑、棉籽壳和麸皮的干料,制造平菇的栽培基质。由于南荻屑分别来自5月、9月、10月、11月和12月收割的南荻,故将利用5月南荻屑制造的栽培基质命名为5月基质,以此类推,其它栽培基质的名称分别为9月基质、10月基质、11月基质和12月基质。

5月基质的制造步骤为:首先,基质所用干料总质量为10 kg,设置3组重复,每组所用干料总质

量为3.330 kg,按照50:40:10的质量比例,分别称取1.665 kg南荻屑、1.332 kg棉籽壳和0.333 kg麸皮;然后,将南荻屑(1.665 kg)和棉籽壳(1.332 kg)预湿24 h,加入0.333 kg麸皮、0.0333 kg石灰和0.0333 kg石膏,搅拌均匀,并将原料与水调至手捏之后有水印而不滴下为宜,装入17cm×33cm聚丙烯袋中,总共装10袋,每袋湿质量一致,即每组10个栽培袋;最后,将10个栽培袋放入高压灭菌锅,在121℃条件下,灭菌2.5 h。

9月基质的制造步骤为:首先,基质所用干料总质量为10 kg,设置3组重复,每组所用干料总质量为3.330 kg,按照50:40:10的质量比例,分别称取1.665 kg南荻屑、1.332 kg棉籽壳和0.333 kg麸皮;然后,将南荻屑(1.665 kg)和棉籽壳(1.332 kg)预湿24 h,加入0.333 kg麸皮、0.0333 kg石灰和0.0333 kg石膏,搅拌均匀,并将原料与水调至手捏之后有水印而不滴下为宜,装入17cm×33cm聚丙烯袋中,总共装9袋,每袋湿质量一致,即每组9个栽培袋;最后,将9个栽培袋放入高压灭菌锅,在121℃条件下,灭菌2.5 h。

10月基质、11月基质和12月基质的制造步骤与9月基质的相同。

#### 1.2.3 菌种接种

首先,利用二氯异氰尿酸钠,将栽培袋和无菌操作台熏蒸半小时,进行消毒;然后,在无菌操作台上,在栽培袋的一端,接种菌种;最后,用出菇环,将栽培袋封口。

#### 1.2.4 菌丝培养

将接种好的栽培袋放入培养室,进行暗培养。培养室的环境温度为22~24℃,相对湿度为60%~65%。

#### 1.2.5 出菇管理

当菌丝长满栽培袋后,取下出菇环,开袋,将其放置在出菇房,进行出菇。出菇房的温度控制在25~30℃,相对湿度控制在85%~95%。收获前两茬平菇,称质量,计算平菇的生物学效率。

## 1.3 南荻、栽培基质和平菇的各种指标的测定和计算

### 1.3.1 南荻植株的地上生物量

在东洞庭湖的小西湖设置了调查样地。在调查样地内,随机选取5块规格为1m×1m的样方。在每块样方内,统计南荻植株的密度;然后,采集5

株南荻植株地上部样品,带回实验室。在实验室中,将5块样方的25株样品放入烘箱中,在80℃下烘干,计算每块样方每株南荻地上部的平均质量。

南荻植株地上生物量等于每株南荻地上部的平均质量(g)乘以植株密度(株/m<sup>2</sup>)。

### 1.3.2 栽培基质的碳、氮和磷含量以及南荻植株的氮和磷储量

首先,将棉籽壳和麸皮放入烘箱,在80℃下烘干;然后,利用粉碎机,将烘干的南荻、棉籽壳和麸皮粉碎,过100目筛,待测;最后,分别采用HSO<sub>4</sub>-K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub>外加热法、凯氏定氮法和钼锑抗比色法,测定南荻、棉籽壳和麸皮的有机碳含量、全氮和全磷含量。

每公顷南荻植株地上生物量积累的氮含量为南荻植株的氮储量(kg/hm<sup>2</sup>)。南荻植株的氮储量等于单位面积生物量(t/hm<sup>2</sup>)乘以单位生物量中的氮含量(kg/t)。

每公顷南荻植株地上生物量积累的磷含量为南荻植株的磷储量(kg/hm<sup>2</sup>)。南荻植株的磷储量等于单位面积生物量(t/hm<sup>2</sup>)乘以单位生物量中的磷含量(kg/t)。

### 1.3.3 平菇的产量、生物学效率、营养成分和胞外酶活性

按照正常采摘要求,采收平菇。根据前两茬平菇的鲜质量,计算鲜平菇产量。

鲜平菇产量(kg)与栽培基质原料的干质量(kg)之比再乘以100%即为平菇的生物学效率(%)。

将收获的平菇放入烘箱中,在50℃下烘干至恒质量,利用粉碎机,将干平菇粉碎;将其中一部分过40目筛,用于粗纤维含量的测定;将其中另一部分过100目筛,用于粗蛋白含量的测定。采用《植物类食品中粗纤维的测定》(GB/T 500910—2003)<sup>[11]</sup>中的方法,测定平菇的粗纤维含量。采用凯氏定氮法,测定平菇的粗蛋白含量。

在第一茬平菇成熟时,分别取5月基质、9月基质、10月基质、11月基质和12月基质每个重复组1袋,共15袋。在每个菌袋中间处的四点,采集20g栽培基质样品,充分混匀;取5g栽培基质样品,放在液氮中保存,用于羧甲基纤维素酶活性和木聚糖酶活性的测定;将其它15g栽培基质烘干,用于含水量的测定。利用生工生物工程(上海)股份有限公司提供的试剂盒,测定羧甲基纤维素酶

活性和木聚糖酶活性。

### 1.4 数据分析方法

利用Excel 2016软件,进行数据统计和汇总。

采用单因素方差分析和一元线性回归分析方法,利用SPSS 21.0软件,分析不同栽培基质实验数据的差异。采用Duncan法,对实验数据进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 栽培基质的营养含量

用于制造平菇栽培基质的棉籽壳的全碳、全氮和全磷质量比分别为448.1 mg/g、8.14 mg/g和1.30 mg/g,麸皮的全碳、全氮和全磷质量比分别为411.8 mg/g、20.93 mg/g和7.69 mg/g。

5月基质、9月基质、10月基质、11月基质和12月基质的全碳质量比分别为432.9 mg/g、439.6 mg/g、438.4 mg/g、457.5 mg/g和457.3 mg/g,其全氮质量比分别为9.29 mg/g、7.89 mg/g、7.39 mg/g、6.63 mg/g和6.68 mg/g,碳氮比分别为46.6:1、55.7:1、59.3:1、69.0:1和68.4:1。

### 2.2 南荻植株的营养物质含量及其地上部生物量

由表1可知,随着南荻生长时长的增加,南荻植株的全碳含量波动增大;全氮和全磷含量逐渐减小;9~12月,南荻植株的氮储量和磷储量不断减小;5~11月,南荻植株地上生物量在逐渐增大,从8.19 t/hm<sup>2</sup>增大到16.71 t/hm<sup>2</sup>,随着南荻生长期结束以及叶片的凋落,12月,南荻植株地上生物量减小至13.65 t/hm<sup>2</sup>。

2019年11月和12月南荻植株的全碳含量都显著偏大,氮储量显著偏小;5月南荻植株的全氮和全磷含量都显著偏大。

### 2.3 平菇的生物学效率和品质

利用5月基质、9月基质、10月基质、11月基质和12月基质栽培的平菇的菌丝长势无明显的差异,菌丝满袋的时间为23~26 d,在菌丝生长的27~31 d,采收了第一茬平菇。

利用5月基质、9月基质、10月基质、11月基质和12月基质栽培的前两茬平菇的生物学效率分别为80.7%、71.1%、68.9%、62.5%和63.7%。利用5月基质栽培的平菇的生物学效率显著偏大,利用11月基质和12月基质栽培的平菇的生物学效率显著偏小。

表1 2019年5月、9月、10月、11月和12月收割的南荻植株的营养物质含量及其地上生物量  
Table 1 Nutrient contents and aboveground biomass of *Triarrhena lutarioriparia* plants harvested in May, September, October, November and December 2019

收割日期	全碳质量比(mg/g)	全氮质量比(mg/g)	全磷质量比(mg/g)	氮储量(kg/hm <sup>2</sup> )	磷储量(kg/hm <sup>2</sup> )	地上生物量(kg/hm <sup>2</sup> )
5月10日	(425.5±8.09) <sup>b</sup>	(7.89±0.43) <sup>a</sup>	(1.63±0.09) <sup>a</sup>	(64.51±3.79) <sup>a</sup>	(13.35±0.75) <sup>b</sup>	(8.19±0.30) <sup>c</sup>
9月17日	(438.3±2.73) <sup>b</sup>	(5.08±0.21) <sup>b</sup>	(1.38±0.03) <sup>b</sup>	(67.69±3.64) <sup>a</sup>	(18.59±1.67) <sup>a</sup>	(13.42±0.95) <sup>b</sup>
10月20日	(436.0±4.28) <sup>b</sup>	(4.11±0.13) <sup>c</sup>	(0.98±0.03) <sup>c</sup>	(60.04±2.58) <sup>a</sup>	(14.40±0.83) <sup>b</sup>	(14.65±0.72) <sup>ab</sup>
11月20日	(474.1±2.75) <sup>a</sup>	(2.57±0.08) <sup>d</sup>	(0.73±0.03) <sup>d</sup>	(43.15±3.34) <sup>b</sup>	(12.21±0.75) <sup>b</sup>	(16.71±0.91) <sup>a</sup>
12月29日	(473.7±2.86) <sup>a</sup>	(2.67±0.07) <sup>d</sup>	(0.51±0.02) <sup>e</sup>	(36.47±1.29) <sup>b</sup>	(7.05±0.50) <sup>c</sup>	(13.65±0.55) <sup>b</sup>

注:表中数据为(平均值±标准误差);同列数据右上角的小写字母完全不同,表示数据间差异显著( $n=5, p<0.05$ )。

利用5月基质、9月基质、10月基质、11月基质和12月基质栽培的平菇的粗蛋白含量分别为17.29%、16.05%、16.72%、17.62%和17.39%,其粗纤维含量分别为7.48%、7.50%、6.86%、7.71%和7.14%;各月南荻基质栽培的平菇的粗蛋白含量、粗纤维含量都无显著差异。

#### 2.4 栽培基质的酶活性

5月基质、9月基质、10月基质、11月基质和12月基质的羧甲基纤维素酶活性分别为7.77 U/g、6.43 U/g、5.81 U/g、5.26 U/g和5.14 U/g,5月基质的羧甲基纤维素酶活性显著大于10月基质、11月基质和12月基质。

5月基质、9月基质、10月基质、11月基质和12月基质的木聚糖酶活性为13.81 U/g、13.25 U/g、12.35 U/g、10.25 U/g和10.57 U/g,5月基质的木聚糖酶活性显著大于11月基质和12月基质。

前两茬平菇的生物学效率( $y$ )与栽培基质的羧甲基纤维素酶活性( $x$ )显著正相关,其线性拟合曲线为 $y=4.579x+41.52, n=15, R^2=0.67, p<0.01$ 。

前两茬平菇的生物学效率( $y$ )与栽培基质的木聚糖酶活性( $x$ )显著正相关,其线性拟合曲线为 $y=2.663x+37.29, n=15, R^2=0.57, p<0.01$ 。

### 3 讨论

在本研究中,随着南荻植株生物量的不断增大,植株中的氮和磷含量不断减小;9月,南荻植株的氮和磷储量都最大,因此,在9月收割南荻能最大化地去除湿地中的氮和磷等营养物质,能降低水体的富营养化水平。

利用棉籽壳和麸皮作为基质栽培平菇,采收3茬平菇的生物学效率为54.3%<sup>[12]</sup>。以玉米芯和麸皮为基质栽培的平菇,采收3茬平菇的生物学效率

为70.1%<sup>[13]</sup>。利用杨树木屑搭配麸皮栽培平菇,采收3茬平菇的生物学效率为92%<sup>[14]</sup>。以棉籽壳和麸皮为基质栽培平菇,采收5茬的平菇的生物学效率达到了125.6%<sup>[15]</sup>。本研究以不同生长期的南荻作为基质的一部分,栽培平菇,采收2茬平菇的生物学效率为62.5%~80.7%。平菇的生物学效率不仅受栽培原料的影响,还与平菇品种、采收茬数和栽培环境条件等有关。在本研究中,栽培基质的碳氮比越小,其胞外酶活性水平越高;栽培基质的羧甲基纤维素酶活性和木聚糖酶活性水平越高,平菇的生物学效率越大。氮含量高、低碳氮比的栽培基质的底物酶活性比氮含量低、高碳氮比的栽培基质高<sup>[16]</sup>。栽培基质的羧甲基纤维素酶活性和木聚糖酶活性与平菇的生物学效率正相关<sup>[17-18]</sup>。5月,南荻处于营养生长期,植株的茎叶比小,木质纤维化程度比较低,易于被酶快速降解和利用,给平菇菌丝生长提供所需的营养成分。

平菇的经济价值不仅仅体现在产量上,平菇的品质也很重要。本研究利用南荻作为基质栽培平菇,平菇粗蛋白含量的平均值为17.01%,粗纤维含量平均值为7.34%,这与利用其它基质栽培的平菇的粗蛋白和粗纤维含量相近<sup>[19-21]</sup>。研究表明,以不同生长期的南荻作为基质栽培的平菇的粗蛋白和粗纤维含量无显著差异。分别以70%棉籽壳+30%桑枝屑、100%玉米芯栽培平菇,平菇的粗蛋白含量无显著差异<sup>[22]</sup>。分别以100%玉米芯、50%木屑+50%玉米芯、100%甘薯渣、50%甘薯渣+50%木屑基质栽培平菇,平菇的粗纤维含量无显著差异<sup>[23]</sup>。这说明平菇的营养成分含量由品种的生物特征决定,栽培基质对其影响较小。

在本研究中,利用5月收割的南荻作为基质栽培的平菇的产量更高,但是,5月收割的南荻植株

的地上生物量(8.19 t/hm<sup>2</sup>)偏低,故其收割成本偏大。6~8月,南荻生长区域被洪水淹没,故在5月收割南荻会降低翌年南荻种群的生物量。南荻在洞庭湖区的分布面积较大,其在净化水质、水文调节和碳固定等方面具有重要的生态功能。因此,将南荻作为基质栽培食用菌,不能只根据平菇的产量来确定南荻的收割时期。10月南荻植株的地上生物量与11月的无显著差异,而利用10月的南荻栽培平菇的生物学效率相对更大,因此,为了保障南荻资源的可持续发展,在10月收割南荻较合适。近年来,洞庭湖水体中总磷污染问题仍较为严重<sup>[24]</sup>。对洞庭湖区南荻资源的有效利用,每年可以从洞庭湖区移除约100×10<sup>4</sup> t的南荻生物质,按照10月南荻植株中碳、氮和磷含量计算,每年可以从洞庭湖区可以去掉43.6×10<sup>4</sup> t碳、4110 t氮和980 t磷。研究发现,南荻弃收能显著减小南荻的生物量和密度<sup>[24]</sup>,这将直接降低南荻的固碳能力。南荻造纸产业的退出对洞庭湖区苇农的生计影响严重。利用10月基质栽培的平菇的生物学效率为68.9%,即利用1 t南荻基质与0.8 t棉籽壳和0.2 t麸皮制造的栽培基质,可以生产1378 kg平菇。因此,利用南荻栽培食用菌的产业有利于促进洞庭湖区经济的绿色发展。南荻资源的绿色利用对南荻资源可持续发展、洞庭湖水环境改善和湿地生态功能提升具有重要意义。

## 4 结 论

利用5月收割的南荻作为主要原料制成的基质栽培平菇,收获的前两茬平菇的生物学效率为80.7%,但是,为了维持翌年南荻种群的生物量,在洞庭湖区,利用10月收割的南荻作为栽培平菇的基质更合理。利用10月收割的南荻作为主要原料制成的基质栽培平菇,收获的前两茬平菇的生物学效率为68.9%,平菇的粗蛋白含量为16.72%,平菇的粗纤维含量为6.86%。

## 参 考 文 献

- [1]李冬林,王磊,丁晶晶,等.水生植物的生态功能和资源应用[J].湿地科学,2011,9(3):290-296.
- [2]刘亮,朱明,朱太平.芒荻类植物资源的开发和利用[J].自然资源学报,2001,16(6):532-563.
- [3]孙涛,陈安生,程若愚.芦苇—蔗渣刨花板的工艺研究[J].林业

科技,2020,45(6):39-41.

- [4]何琦,曹凤梅,卢少勇,等.挺水植物生物炭对硫丹的吸附及催化水解作用[J].中国环境科学,2018,38(3):1126-1132.
- [5]赵媛媛,汤楠,李智慧,等.洞庭湖南荻(*Triarrhena lutarioriparia*)腐解对水质的影响[J].湖泊科学,2021,33(4):1188-1195.
- [6]罗学卫,刘静逸,杨蕊,等.南洞庭湖南荻退出经营前后种群变化特征研究[J].湖南林业科技,2020,47(2):53-57.
- [7]DUNDAR A, ACAY H, YILDIZ A. Effect of using different lignocellulosic wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. on mushroom yield, chemical composition and nutritional value[J]. African Journal of Biotechnology, 2009, 8(4): 662-666.
- [8]KOUTROTSIOS G, MOUNTZOURIS K C, CHATZIPAVLIDIS I, et al. Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi—Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties [J]. Food Chemistry, 2014, 161: 127-135.
- [9]WANG D, SAKODA A, SUZUKI M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain[J]. Bioresource Technology, 2001, 78(3): 293-300.
- [10]贾身茂,陈士瑜,蔡德华,等.中国平菇生产[M].北京:中国农业出版社,2000:233-236.
- [11]中华人民共和国卫生部.植物类食品中粗纤维的测定:GB/T 500910—2003[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [12]WANG S, XU F, LI Z, et al. The spent mushroom substrates of *Hypsizygus marmoreus* can be an effective component for growing the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 186: 217-222.
- [13]忻龙祥,金亚征,常美花,等.葡萄枝屑栽培平菇的产量及营养成分效应研究[J].河南农业科学,2017,46(6):93-97.
- [14]高继俊.杨树木屑栽培平菇配方试验[J].食用菌,2005(1):25.
- [15]YANG W J, GUO F L, WAN Z J. Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull[J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2013, 20(4): 333-338.
- [16]KURT S, BUYUKALACA S. Yield performances and changes in enzyme activities of *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*) cultivated on different agricultural wastes[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(9): 3164-3169.
- [17]ISIKHUEMHEN O S, MIKIASHVILLI N A. Lignocellulolytic enzyme activity, substrate utilization, and mushroom yield by *Pleurotus ostreatus* cultivated on substrate containing anaerobic digester solids[J]. Journal of Industrial Microbiology, 2009, 36(11): 1353-1362.
- [18]孔维丽,袁瑞奇,孔维威,等.平菇生长过程中对营养素的利用机理[J].中国食用菌,2016,35(5):40-43,50.
- [19]BADU M, TWUMASI S K, BOADI N O. Effects of lignocellulosic in wood used as substrate on the quality and yield of mushrooms [J]. Food and Nutrition Sciences, 2011, 2(7): 780-784.
- [20]申进文,刘超,张倩,等.5种培养料对平菇营养成分的影响[J].

- 河南农业科学, 2016, **45**(10): 103-106.
- [21]胡素娟, 段亚魁, 康源春, 等. 2种基质对平菇胞外酶活性、产量及品质的影响[J]. 河南农业科学, 2018, **47**(3): 96-99.
- [22]袁娅, 许佳妮, 张剑飞, 等. 不同培养基对平菇营养成分、多酚含量及其抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2014, **35**(13): 137-142.
- [23]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**(4): 423-434.
- [24]郭晶, 王丑明, 黄代中, 等. 洞庭湖水污染特征及水质评价[J]. 环境化学, 2019, **38**(1): 152-160.

## Biological Efficiency and Quality of *Pleurotus ostreatus* Cultured on Substrate Made from *Triarrhena lutarioriparia* of Different Growth Durations in Dongting Lake Area

WANG Liyan<sup>1,2</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, XIE Yonghong<sup>1</sup>, CHEN Xinsheng<sup>1</sup>, LI Feng<sup>1</sup>, DENG Zhengmiao<sup>1</sup>, ZOU Yeai<sup>1</sup>  
(1. Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Dongting Lake Station for Wetland Ecosystem Research, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, Hunan, P.R.China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R.China)

**Abstract:** In Dongting Lake area, the use of *Triarrhena lutarioriparia* for papermaking has been stopped, but a new industry for *Triarrhena lutarioriparia* utilization is developed, for instance, *Triarrhena lutarioriparia* can be used as a substrate to cultivate edible fungi. From April to June 2020, a cultivation medium for *Pleurotus ostreatus* was prepared in Dongting Lake area using *Triarrhena lutarioriparia* (harvested in May, September, October, November, and December 2019) with 50% *Triarrhena lutarioriparia* and 40% cottonseed shell and 10% bran formula. The biological efficiency, crude protein content, and crude fibre content of *Pleurotus ostreatus* were studied, and the optimal harvesting period of *Triarrhena lutarioriparia* in Dongting Lake area was determined. The results showed that the biological efficiencies of the first two *Pleurotus ostreatus* crops cultured on substrate made from *Triarrhena lutarioriparia* harvested in May, September, October, November, and December were 80.7%, 71.1%, 68.9%, 62.5%, and 63.7%, respectively. Moreover, the crude protein contents of the first two *Pleurotus ostreatus* crops were 17.29%, 16.05%, 16.72%, 17.62%, and 17.39%, and crude fiber contents were 7.48%, 7.50%, 6.86%, 7.71% and 7.14%, respectively. There were no significant differences in crude protein contents and crude fibre contents. Furthermore, the biological efficiency of the first two *Pleurotus ostreatus* crops had a significant positive correlation with carboxymethyl cellulase and xylanase activities in the culture substrate, and it is more reasonable to use *Triarrhena lutarioriparia* harvested in October in Dongting Lake area as the cultivation substrate for *Pleurotus ostreatus*.

**Keywords:** *Triarrhena lutarioriparia*; cultivation substrate; *Pleurotus ostreatus*; biological efficiency; crude protein; crude fiber