

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2024.0333

# 不同基质对平菇生长发育、营养成分及矿物元素含量的影响

楚晓真, 刘璇, 龚攀, 刘格, 王保瑞, 高翔

(郑州市农业科技研究院 郑州 450015)

**摘要:** 为了探究不同秸秆基质对平菇生长发育和营养品质的影响, 以玉米、大豆、辣椒、秋葵秸秆为主料来栽培平菇, 用传统玉米芯培养料作为对照, 检测菌丝生长速率、满袋时间、产量以及子实体不同农艺性状等指标, 以期为平菇高效栽培提供参考依据。结果表明, 6种秸秆培养料能够不同程度地提高菌丝生长速率、缩短满袋时间、提高平菇产量、改善农艺性状。其中 T6 配方(19%玉米秸秆、19%大豆秸秆、19%辣椒秸秆、19%秋葵秸秆、20%麸皮、2%石灰、1%增抗剂、1%全营养素)的菌丝生长速率最快, 产量最高, 为 1.58 kg·袋<sup>-1</sup>, 比对照显著提高 14.50%, 蛋白质、粗纤维、粗多糖含量以及 K、Ca、Zn、Cu、Mn 矿物元素含量均显著高于对照。因此, 推荐使用 T6 配方用于平菇栽培。

**关键词:** 秸秆; 平菇; 菌丝生长; 营养成分; 矿物元素

中图分类号: S646.1<sup>4</sup> 文献标志码: A 文章编号: 1673-2871(2024)09-090-06

## Effects of different matrix on growth, development, nutrient and mineral element content of *Pleurotus ostreatus*

CHU Xiaozhen, LIU Xuan, GONG Pan, LIU Ge, WANG Baorui, GAO Xiang

(Zhengzhou Institute of Agricultural and Technology Science, Zhengzhou 450015, Henan, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of different straw substrates on the growth, development and nutritional quality of *Pleurotus ostreatus*, oyster mushroom was cultivated with corn, soybean, pepper and okra straw as the main material, and traditional corncob culture material was used as the control to detect mycelium growth rate, bag filling time, yield and different agronomic characteristics of fruit body, so as to provide reference for oyster mushroom efficient cultivation. The results showed that six kinds of straw culture materials can increase the growth rate of mycelia, shorten the time of filling the bag, increase the yield of oyster mushroom and improve the agronomic properties. T6 formula (19% corn straw, 19% soybean straw, 19% chilli straw, 19% okra straw, 20% bran, 2% lime, 1% sterilizing agent and 1% total nutrients), had the fastest mycelium growth rate and the highest yield (1.58 kg·bag<sup>-1</sup>), 14.50% higher than the control. The content of protein, crude fiber, crude polysaccharide and mineral elements K, Ca, Zn, Cu, and Mn are higher than the control. Therefore, T6 formula is recommended for oyster mushroom cultivation.

**Key words:** Straw; *Pleurotus ostreatus*; Myceliagrowth; Nutrient; Mineral element

平菇(*Pleurotus ostreatus*)又称糙皮侧耳、侧耳、北风菌、冻菌等, 是我国产量排名第三的食用菌<sup>[1]</sup>。平菇肉质肥厚, 味道鲜美, 富含蛋白质、氨基酸、维生素和矿物质等多种营养成分, 具有较高的营养价值<sup>[2-3]</sup>。平菇适应性强、易于栽培, 具有原料来源广泛、生产周期短、管理相对简单、产量高、效益好等优点, 深受广大种植户和消费者的青睐<sup>[4-7]</sup>。

我国是农业大国, 秸秆资源十分丰富, 年产量稳居世界之首<sup>[8]</sup>。秸秆是农作物收获后残留的秆、

茎、叶等不能食用的副产品, 含有丰富的纤维素、半纤维素、木质素、淀粉、粗蛋白和矿物质微量元素, 具有较高的利用价值<sup>[9-10]</sup>。食用菌菌丝分泌的胞外酶如漆酶、纤维素酶、木聚糖酶等可以降解秸秆中丰富的纤维素、半纤维素和木质素, 把大分子物质分解成为小分子物质, 以供菌丝生长和利用, 最后在菌丝体内重新合成蛋白质、脂肪和其他成分<sup>[11-12]</sup>。利用秸秆作为主要原料栽培食用菌, 不仅可以提高秸秆的资源利用率, 减少环境污染, 还能

收稿日期: 2024-05-16; 修回日期: 2024-07-29

基金项目: 河南省设施蔬菜工程技术研究中心

作者简介: 楚晓真, 女, 助理研究员, 主要从事食用菌高效栽培技术方面的研究工作。E-mail: chuxiaozhen221@126.com

通信作者: 龚攀, 男, 副研究员, 主要从事食用菌及蔬菜无土栽培技术方面的研究工作。E-mail: gongpan-05@163.com

降低成本,实现食用菌产业的绿色可持续发展<sup>[13]</sup>。

许多秸秆都能用来栽培平菇,且栽培效果良好。孔维威等<sup>[14]</sup>以小麦秸秆为主料栽培平菇,结果表明,小麦秸秆 100 kg,配以棉籽壳 50 kg 和麦麸 30 kg,平菇产量最高,鲜菇质量达 276 g·袋<sup>-1</sup>,生物学效率达 110.4%,比纯小麦秸秆高 63.2%。徐德海<sup>[15]</sup>以大豆秸秆为原料栽培平菇,结果表明,大豆秸秆替代木屑比例 30%时,发菌期间平菇污染少、菌丝长势好、产量高,品质与对照相当,且豆秸粉碎粒径在 1.0 cm 左右时比较适宜。江可等<sup>[16]</sup>以油菜秸秆和稻草为主料栽培平菇,结果表明,油菜秸秆 55.5%、稻草 37.0%、麦麸 5.0%、尿素 0.5%、蔗糖 1.0%、石膏 1.0%栽培效果最好,菌丝日平均生长量达 0.834 cm·d<sup>-1</sup>,两茬菇生物学效率为 88.0%。尽管 70%、55%、40%的水稻秸秆<sup>[17]</sup>、52.2%的玉米秸秆<sup>[18]</sup>、50%~70%的茄子秸秆<sup>[19]</sup>栽培平菇,都有较好的栽培效果,但不同秸秆复配对平菇生长的影响目前研究较少。河南是农业大省,秸秆种类多,资源丰富,笔

者选用玉米、大豆、辣椒和秋葵秸秆作为栽培基质,探索不同秸秆复配基质对平菇生长发育、产量和营养品质的影响,以期为平菇高效栽培提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试平菇菌株为 969,为广温型,由郑州市农业科技研究院食用菌实验室提供;玉米秸秆、大豆秸秆、辣椒秸秆、秋葵秸秆由郑州市蔬菜研发中心提供,大片麸皮、玉米芯、石灰、增抗剂以及食用菌全营养素由郑州市农业科技研究院统一采购,其中食用菌全营养素购自江苏天达食用菌研究所。

### 1.2 设计

试验于 2023 年 8 月至 2024 年 3 月在郑州市蔬菜研发中心平菇栽培温室进行,根据不同秸秆添加比例设计配方 T1~T6,以玉米芯传统配方为对照(CK),共设计 7 个处理(表 1)。试验采用随机区组设计,每个配方 3 次重复,每处理 20 袋。

表 1 不同基质栽培平菇的培养料配方

Table 1 Substrate formula of *Pleurotus ostreatus* with different matrix

配方 Formula	玉米秸秆 Corn straw	大豆秸秆 Soyben straw	辣椒秸秆 Chilli straw	秋葵秸秆 Okra straw	玉米芯 Corn cob	麸皮 Bran	石灰 Lime	增抗剂 Sterilizing agent	食用菌全营养素 Edible mushroom total nutrients
T1	38	0	38	0	0	20	2	1	1
T2	0	38	0	38	0	20	2	1	1
T3	0	0	38	38	0	20	2	1	1
T4	26	0	25	25	0	20	2	1	1
T5	0	26	25	25	0	20	2	1	1
T6	19	19	19	19	0	20	2	1	1
CK	0	0	0	0	76	20	2	1	1

### 1.3 方法

1.3.1 基料处理 将新鲜无霉变的秸秆晒干后,粉碎成 10 mm 左右的颗粒。按照配方称取各培养原料,秸秆需提前浸泡 24 h 后捞出,沥干水分,与其他辅料反复翻拌,充分混合均匀后可装袋,控制含水量在 65%左右。

1.3.2 菌袋制作及接种 采用方形聚丙烯透气折角袋,菌袋制作方法同常规方法,每个菌袋培养料干质量为 1.5 kg,所有菌袋装好后一同进行常压灭菌 18 h,待菌袋冷却后接种,接种后置于菇房内发菌培养,发菌期间要多检查,及时挑拣出有霉菌的菌包。

1.3.3 栽培管理 按照平菇栽培方式统一管理,保持菇房内干净卫生,定期喷水,发菌期间相对湿度

65%,出菇期相对湿度保持在 80%~90%。

### 1.4 指标测定

采用直线测量法测定菌丝生长速度。菌丝生长速度/(cm·d<sup>-1</sup>)=菌丝生长长度/菌丝生长天数。采用直接观察法判断菌丝长势,用“+”表示,“+”越多,代表菌丝越密、越粗壮、色泽越好。“+”表示长势一般,“++”表示长势较好,“+++”表示长势最好。当平菇长至七分熟时采收,测量并记录菌盖宽度、菌盖厚度、菌柄长度、菌柄直径、菌褶宽度、菌褶密度等子实体农艺性状。并记录每袋第一茬菇产量和总产量。每个处理随机挑选 10 袋称质量,取其平均值。生物学效率/%=子实体鲜质量/培养料干质量×100。

平菇子实体营养成分含量的测定:参照 GB

5009.5—2016 测定蛋白质含量<sup>[20]</sup>,参照 GB/T 5009.10—2003 测定粗纤维含量<sup>[21]</sup>、参照 NY/T 1676—2008 测定粗多糖含量<sup>[22]</sup>、参照 GB/T 15674—2009 测定粗脂肪含量<sup>[23]</sup>。

平菇子实体矿物元素含量的测定:参照 GB 5009.91—2017 测定钾含量<sup>[24]</sup>,参照 GB 5009.87—2016 测定磷含量<sup>[25]</sup>,参照 GB 5009.92—2016 测定钙含量<sup>[26]</sup>,参照 GB 5009.241—2017 测定镁含量<sup>[27]</sup>,参照 GB 5009.90—2016 测定铁含量<sup>[28]</sup>,参照 GB 5009.13—2017 测定铜含量<sup>[29]</sup>,参照 GB 5009.14—2017 测定锌含量<sup>[30]</sup>,参照 GB 5009.242—2017 测定锰含量<sup>[31]</sup>,参照 GB 5009.93—2017 测定硒含量<sup>[32]</sup>。

### 1.5 数据分析

使用 Excel 进行数据处理及图表制作,使用 SPSS 17.0 软件对数据进行 LSD 方法的多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同基质配方对平菇生长的影响

由表 2 可知,不同基质配方中,菌丝生长速率有所差异。与 CK 相比,6 种基质配方中菌丝生长速率及长势均较好,除 T3 配方与 CK 无显著差异外,其余配方菌丝生长速率均显著高于 CK。其中, T6 配方的菌丝生长速率最快,为  $9.22 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ,比

表 2 不同基质对平菇生长发育的影响

Table 2 Effects of different matrix on growth and development of *Pleurotus ostreatus*

配方 Formula	菌丝生长速率 Mycelial growth rate/(mm·d <sup>-1</sup> )	菌丝长势 Mycelial growth vigor	菌丝形态 Mycelial morphology	满袋时间 Days for over-growing bag/d	第一茬菇产量 First mushroom yield/kg	总产量 Total yield/(kg·bag <sup>-1</sup> )	生物学效率 Biological efficiency/%
T1	8.72 cd	++	洁白,浓密 Pure white, dense	31.0 b	0.79 c	1.46 c	97.60 c
T2	8.84 bcd	++	洁白,浓密 Pure white, dense	30.0 bc	0.81 bc	1.49 c	99.33 c
T3	8.58 de	+	洁白,浓密 Pure white, dense	31.6 ab	0.76 d	1.40 d	93.60 d
T4	8.98 abc	++	洁白,浓密 Pure white, dense	29.2 c	0.83 b	1.53 b	101.73 b
T5	9.08 ab	+++	洁白,浓密 Pure white, dense	29.0 c	0.86 a	1.56 a	104.27 a
T6	9.22 a	+++	洁白,浓密 Pure white, dense	28.4 c	0.87 a	1.58 a	105.47 a
CK	8.44 e	+	洁白,浓密 Pure white, dense	32.0 a	0.74 d	1.38 d	92.88 d

注:不同小写字母表示处理间呈显著差异( $p < 0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters mean significant differences( $p < 0.05$ ). The same below.

CK 显著提高 9.24%,其次为 T5、T4、T2、T1、T3,比 CK 提高 1.66%~7.58%。

在不同基质配方中,菌丝满袋时间与菌丝生长速率表现一致,各处理整体表现为  $T6 < T5 < T4 < T2 < T1 < T3 < CK$ ,其中 T6 配方菌丝满袋时间最短,为 28.4 d,比 CK 显著减少 3.6 d。

在平菇产量相关指标中,各处理整体表现基本一致,6 种基质配方的平菇产量和生物学效率均高于 CK。其中 T6 配方的总产量和生物学效率最高,分别为 1.58 kg 和 105.47%,分别比 CK 显著提高 14.49%和 12.59 个百分点。

### 2.2 不同基质配方对平菇子实体农艺性状的影响

由表 3 可知,在不同基质配方中,平菇子实体农艺性状有一定差异。在菌盖宽度指标中,各处理

整体表现为  $T6 > T5 > T4 > T2 > T1 > T3 > CK$ ,各配方菌盖宽度比 CK 增加 0.32%~16.23%,其中 T1、T3 与 CK 差异不显著,其余配方均显著高于 CK。在菌盖厚度指标中,各处理整体表现为  $T4 > T5 > T6 > T3 > T2 = CK > T1$ ,与 CK 相比,各配方菌盖厚度变幅为-1.22%~12.20%,其中 T1、T2、T3、T6 与 CK 均无显著差异。在菌柄长度指标中,各处理整体表现为  $T5 < T3 < T2 < T1 < T4 < T6 < CK$ ,各处理比 CK 显著降低 7.50%~13.44%。在菌柄直径指标中,各处理整体表现为  $T4 > T6 > T5 > T1 > T2 > T3 > CK$ ,各处理比 CK 增加 1.22%~15.85%,其中 T1、T2、T3 均与 CK 无显著差异。在菌褶宽度指标中,各处理变化不大,与 CK 无显著差异。在菌褶密度指标中,各处理整体表现为  $T6 > T5 > T3 = T4 > T1 = T2 > CK$ ,各处理比 CK 增加 4.35%~

表3 不同基质对平菇子实体农艺性状的影响

Table 3 Effects of different matrix on the agronomic characters of *Pleurotus ostreatus* fruiting body

配方 Formula	菌盖宽度 Cap width/cm	菌盖厚度 Cap thickness/cm	菌柄长度 Cap length/cm	菌柄直径 Cap diameter/cm	菌褶宽度 Gill width/cm	菌褶密度 Gill density/(No.·cm <sup>-1</sup> )
T1	6.42 de	1.62 c	5.72 bc	1.76 abc	0.46 a	14.40 cd
T2	6.64 cd	1.64 bc	5.68 bc	1.70 bc	0.48 a	14.40 cd
T3	6.18 e	1.70 abc	5.66 bc	1.66 c	0.44 a	15.00 bc
T4	6.78 bc	1.84 a	5.74 bc	1.90 a	0.44 a	15.00 bc
T5	7.04 ab	1.80 a	5.54 c	1.82 ab	0.46 a	16.00 ab
T6	7.16 a	1.78 ab	5.92 b	1.86 a	0.44 a	16.20 a
CK	6.16 e	1.64 bc	6.40 a	1.64 c	0.44 a	13.80 d

17.40%,其中 T3、T4、T5 和 T6 均与 CK 呈显著差异。

2.3 不同基质配方对平菇子实体营养成分的影响

由表 4 可知,在不同基质配方中,平菇子实体营养成分含量有较大差异。在平菇子实体蛋白质含量指标中,6 个基质配方蛋白质含量均显著高于 CK,其中 T2 配方蛋白质含量(w,后同)最高,为 2.13 g·100 g<sup>-1</sup>,比 CK 显著提高 9.23%,其次为 T6、T5、T3、T4、T1,分别比 CK 显著提高 8.72%、8.21%、7.70%、6.15%、3.08%。在平菇子实体粗纤维含量指

标中,各处理表现为 T5>T6=T1>CK>T4>T3>T2, T5、T6、T1 分别高于 CK 3.33%、2.22%和 2.22%,但差异不显著;T3、T2 分别显著低于 CK 4.44%、7.77%; T4 低于 CK 2.22%,但差异不显著。在平菇子实体粗脂肪含量指标中,6 个基质配方粗脂肪含量均显著低于 CK,由高到低依次为 T6>T5>T4>T3>T1>T2,比 CK 显著降低 3.28%~13.11%。在平菇子实体粗多糖含量指标中,各处理表现为 T1>T6>T4>T5>CK=T3>T2, T1、T6、T4 分别显著高于 CK 12.12%、

表4 不同基质对平菇子实体营养成分的影响

Table 4 Effects of different matrix on nutrient content of *Pleurotus ostreatus* fruiting body

配方 Formula	w(蛋白质) Protein content/(g·100 g <sup>-1</sup> )	w(粗纤维) Crude fiber content/%	w(粗脂肪) Crude fat content/(g·100 g <sup>-1</sup> )	w(粗多糖) Crude polysaccharide content/(g·100 g <sup>-1</sup> )
T1	2.01 e	0.92 a	0.55 d	0.74 a
T2	2.13 a	0.83 d	0.53 e	0.64 cd
T3	2.10 cd	0.86 c	0.56 cd	0.66 bc
T4	2.07 d	0.88 bc	0.57 c	0.71 a
T5	2.11 bc	0.93 a	0.58 bc	0.68 b
T6	2.12 ab	0.92 a	0.59 b	0.73 a
CK	1.95 f	0.90 ab	0.61 a	0.66 bc

10.61%、7.58%, T5、T3、T2 与 CK 差异不显著。

2.4 不同基质配方对平菇子实体矿物元素含量的影响

由表 5 可知,在不同基质配方中,平菇子实体

矿物元素含量有一定差异。与 CK 相比,在 6 个基质配方中,K、P、Ca、Cu、Mn 含量均显著高于 CK,Se 含量均与 CK 差异不显著。其中, T6 配方中的 K、Ca、Zn、Mn 含量最高,分别为 2874、55.70、6.76、

表5 不同基质对平菇矿物元素含量的影响

Table 5 Effects of different matrix on mineral element content of *Pleurotus ostreatus*

(mg·kg<sup>-1</sup>)

配方 Formula	w(K)	w(P)	w(Ca)	w(Mg)	w(Fe)	w(Cu)	w(Zn)	w(Mn)	w(Se)
T1	2614 d	871.8 c	54.32 b	104.4 de	10.4 cd	0.915 d	6.34 bcd	0.754 d	0.015 a
T2	2804 c	879.4 b	51.32 e	114.6 a	13.8 a	0.937 a	6.70 a	0.758 cd	0.016 a
T3	2442 e	887.4 a	50.42 f	105.2 de	10.2 cd	0.920 c	6.26 cd	0.761 bc	0.016 a
T4	2586 d	883.4 ab	53.54 c	108.2 cd	12.4 ab	0.927 b	6.62 ab	0.766 ab	0.017 a
T5	2840 b	882.2 b	52.52 d	110.2 bc	11.8 bc	0.926 b	6.54 abc	0.761 bc	0.016 a
T6	2874 a	881.2 b	55.70 a	112.8 ab	13.2 ab	0.937 a	6.76 a	0.768 a	0.017 a
CK	2302 f	850.2 d	48.40 g	101.6 e	9.2 d	0.908 e	6.06 d	0.745 e	0.014 a

0.768 mg·kg<sup>-1</sup>,分别显著高于CK 24.85%、15.08%、11.55%、3.09%;T3配方中的P含量最高,为887.4 mg·kg<sup>-1</sup>,显著高于CK 4.38%;T2配方中的Mg、Fe含量最高,分别为114.6、13.8 mg·kg<sup>-1</sup>,分别显著高于CK 12.80%、50.00%;T2和T6配方中的Cu含量最高,均为0.937 mg·kg<sup>-1</sup>,显著高于CK 3.19%。

### 3 讨论与结论

我国秸秆资源丰富,以秸秆为基质栽培食用菌潜力巨大。笔者以不同秸秆复配基质栽培平菇,菌丝生长发育差异较大。在本研究中,6个基质配方菌丝生长速率均高于CK,表明以秸秆为基质栽培平菇有助于菌丝生长发育,这可能与培养料中C/N、还原糖与纤维素的比例有关<sup>[33]</sup>,但本试验中培养料的组分还有待进一步检测。此外,以不同秸秆为基质栽培平菇对其子实体农艺性状也有一定的影响。杨建杰等<sup>[18]</sup>用玉米秸秆栽培平菇,朵大肉厚且紧凑,商品性好,本试验中6个秸秆基质配方栽培的平菇子实体菌盖宽度、菌柄直径、菌柄长度、菌褶密度等性状均优于CK,表明以秸秆为基质栽培平菇还能够一定程度上提高平菇的商品性,这与杨建杰<sup>[18]</sup>的研究结果一致。

秸秆营养丰富,且不同秸秆中营养成分含量不同,因此,以秸秆为基质来栽培平菇可能会影响平菇子实体的营养品质。在本研究中,T6、T5、T1配方中的蛋白质、粗纤维、粗多糖含量整体较高,表明这3个配方有利于改善平菇的营养品质。

矿物元素在人体中占比极少,但有着重要的生物学作用。K、Mg是血液和体液以及许多代谢过程的必需组分,Ca对维持细胞通透性、抑制神经系统兴奋、降低毛细血管通透性起重要作用,Fe是人体血红蛋白和肌红蛋白的组成部分,Zn、Mn参与人体多种酶的合成与激活,Cu可帮助铁质传递蛋白,在血红素形成过程中扮演催化的重要角色<sup>[34]</sup>。矿物元素不能在人体内自行合成,只能来自饮食、空气及各种外源性物质<sup>[35]</sup>。食用菌具有较强的生物富集能力,能够富集外源矿物元素,且容易被人体吸收利用<sup>[36]</sup>。在本研究中,6个基质配方中的矿物元素K、P、Ca、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn、Se含量均高于CK,表明秸秆中富含的矿物元素能够被平菇吸收并在体内富集,以秸秆为基质栽培平菇,可为合理利用秸秆、栽培特色平菇提供一定的理论指导。其中T6配方中的各矿物元素含量整体水平较高,表明T6配方

最有利于提高平菇子实体的矿物元素含量。

综上所述,以秸秆为基质栽培平菇对平菇的生长发育和营养成分均有重要影响,其中T6配方为多种秸秆复配基质,栽培效果最佳,能够加快菌丝生长速度,提高平菇产量和营养成分含量,尤其是矿物元素含量,因此,推荐使用T6配方用于平菇栽培。

### 参考文献

- [1] 佚名. 2022年度全国食用菌统计调查结果分析[J]. 中国食用菌, 2024, 43(1): 118-126.
- [2] 靳荣线, 李峰, 马玮超, 等. 平菇新科108优质菇生长二氧化碳浓度比较试验[J]. 食用菌, 2019, 41(6): 42-43.
- [3] 周伟, 郭明慧, 石建森, 等. 梨木屑栽培平菇试验[J]. 山西农业科学, 2020, 48(10): 1615-1616.
- [4] 翟胜祥. 秋冬季平菇无公害高产高效栽培技术[J]. 中国食用菌, 2011, 30(1): 65-66.
- [5] 杨建杰, 张桂香, 杨琴, 等. 平菇不同温型品种筛选试验[J]. 甘肃农业科技, 2018(12): 23-26.
- [6] 江云涛. 不同纤维素含量培养料对平菇营养成分的影响分析[J]. 武汉轻工业大学学报, 2020, 39(2): 22-26.
- [7] 赵光辉, 方洪枫, 陈剑, 等. 平菇栽培技术发展及栽培原料消毒、灭菌技术的创新[J]. 食用菌, 2019, 27(2): 122-124.
- [8] 崔永峰, 赵培强. 四种农作物秸秆基质化栽培平菇的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2022, 53(3): 368-373.
- [9] 范唯艳. 生态农业中的农作物秸秆综合利用[J]. 园艺与种苗, 2011(3): 97-101.
- [10] MEDINA J, MONREAL C, BAREA J M, et al. Crop residue stabilization and application to agricultural and degraded soils: A review[J]. Waste Management, 2015, 42: 41-54.
- [11] 任鹏飞, 刘岩, 任海霞, 等. 秸秆栽培食用菌基质研究进展[J]. 中国食用菌, 2010, 29(6): 11-14.
- [12] VAUGHN S F, DEPPE N A, PALMQUIST D E, et al. Extracted sweet corn tassels as a renewable alternative to peat in greenhouse substrates[J]. Industrial Crops and Products, 2011, 33(2): 514-517.
- [13] 陈正启, 刘林, 华蓉, 等. 我国农作物秸秆在食用菌栽培中的利用现状及应用前景[J]. 中国食用菌, 2023, 42(1): 1-6.
- [14] 孔维威, 康源春, 孔维丽, 等. 小麦秸秆塑料袋栽培平菇高产配方筛选试验[J]. 中国食用菌, 2014, 33(1): 28-29.
- [15] 徐德海. 大豆秸秆栽培平菇配方筛选[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(22): 47-48.
- [16] 江可, 宋海燕, 刘建兵, 等. 油菜秸秆混合稻草栽培平菇研究[J]. 生物灾害科学, 2018, 41(1): 74-77.
- [17] 陈亮, 姜性坚, 武小芬, 等. 基质中水稻秸秆含量对平菇生长的影响[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(15): 87-89.
- [18] 杨建杰, 张桂香, 刘明军, 等. 玉米秸秆栽培平菇的配方筛选及其生物学研究[J]. 中国食用菌, 2023, 42(2): 74-81.
- [19] 房晓燕, 张相松, 凌凡舒, 等. 茄子秸秆料栽培平菇配方比较试验[J]. 食用菌, 2023, 45(4): 31-33.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中蛋白质测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

- [21] 中华人民共和国卫生部.植物类食品中粗纤维的测定:GB/T 5009.10—2003[S].北京:中国标准出版社,2003.
- [22] 中华人民共和国农业部.食用菌中粗多糖含量的测定:NY/T 1676—2008[S].北京:中国农业出版社,2008.
- [23] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.食用菌中粗脂肪含量的测定:GB/T 15674—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定:GB 5009.91—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [25] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中磷的测定:GB 5009.87—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [26] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中钙的测定:GB 5009.92—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [27] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中镁的测定:GB 5009.241—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [28] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中铁的测定:GB 5009.90—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [29] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中铜的测定:GB 5009.13—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [30] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中锌的测定:GB 5009.14—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [31] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中锰的测定:GB 5009.242—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [32] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中硒的测定:GB 5009.93—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [33] 范可章,陈灵,蔡健,等.不同秸秆培养基对平菇生长影响的比较研究[J].中国农学通报,2011,27(16):126-131.
- [34] 张昌伟,彭胜,张琳杰,等.不同比例杜仲叶渣对平菇栽培效果的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(6):95-99.
- [35] 马彦平,石磊,何源.微量元素铁、锰、硼、锌、铜、钼营养与人体健康[J].肥料与健康,2020,47(5):12-17.
- [36] 冯光志,石慧,郑居神,等.金属离子对食用菌生长发育影响的研究进展[J].食品研究与开发,2021,42(1):193-198.