

金耳代料栽培的基质配方优化

李 宾¹, 田 芳¹, 金 丽¹, 刘清超²

(1. 郑州市农业科技研究院 郑州 450007; 2. 太康县水润君赵农业科技有限公司 河南太康 461433)

摘要:以河南太康县栽培面积较大的 J-1、J-2 金耳菌株为研究对象,探索了 7 种不同的母种培养基对金耳 J-2 菌丝长势的影响,以及棉籽壳和木屑 9 种不同组成比例的栽培基质配方上 J-1、J-2 菌株的菌丝长势、出耳率及生物学效率。结果表明,金耳 J-2 菌株的母种最佳培养基为 PDA 培养基+3%麦粒煎汁,生长速率最大,为 5.45 mm·d⁻¹,菌丝长势最佳,菌丝生长指数最高,达到 11 665.37,与其他 6 种培养基相比差异显著,玉米粉、蛋白胨的加入不利于金耳母种菌丝的生长。在本试验设计处理中,最佳栽培基质配方为:棉籽壳 30%、木屑 60%、蔗糖 10%、玉米粉 7.8%、生石膏 1%、磷酸二氢钾 0.2%、硫酸镁 0.3%,J-1、J-2 菌株 100%出耳,生物学效率分别为 69.31%、72.24%。试验结果为金耳栽培提供了科学的生产依据。

关键词:金耳;母种培养基;菌丝长势;栽培基质;生物学效率

中图分类号:S646.6 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2025)03-114-05

Optimization of substrate formulation of *Naematelia aurantialba* substitute cultivation

LI Bin¹, TIAN Fang¹, JIN Li¹, LIU Qingchao²

(1. Zhengzhou Institute of Agricultural Science and Technology, Zhengzhou 450007, Henan, China; 2. Taikang Shuirunjunzhao Agricultural Technology Co., Ltd., Taikang 461433, Henan, China)

Abstract: The J-1 and J-2 *Naematelia auriculus* strains, which have a large cultivation area in Taikang county, Henan province, were used as research objects to explore the effects of 7 different culture media on the mycelia growth of J-2 *Naematelia auriculus* mother strain, as well as the mycelia growth, earing rate and biological efficiency of J-1 and J-2 strains on 9 different cultivation substrate formulae of cotton seed shell and wood chips. The results showed that the optimal mother culture media medium for J-2 strain was PDA medium with 3% wheat grain juice, which achieved the fastest growth rate of 5.45 mm·d⁻¹, the best mycelial growth, and the highest mycelial growth index of 11 665.37. The difference was significant compared with the other six media, and the addition of corn flour and peptone was not conducive to the mycelia growth of J-2 strain. In the experimental design, the optimal cultivation substrate formula was found to be 30% cotton seed shell, 60% wood chips, 10% sucrose, 7.8% corn flour, 1% gypsum, 0.2% potassium dihydrogen phosphate, and 0.3% magnesium sulfate. With this formula, both J-1 and J-2 strains achieved a 100% earing rate, with the biological efficiency of 69.31% and 72.24%, respectively, providing a scientific basis for the cultivation of *Naematelia auriculus*.

Key words: Tremella; Mother culture medium; Hyphal growth; Cultivation medium; Biological efficiency

金耳又名橙黄银耳、黄金银耳、脑型银耳、黄木耳、金木耳^[1],隶属担子菌门,是一种珍稀的食药两用型真菌,其子实体味道鲜美、脂肪含量低,富含粗蛋白、粗纤维、人体必需氨基酸、矿物质等营养物质。代料栽培金耳的蛋白质和多糖含量均高于椴木栽培金耳,分别高达 3.68%、77.3%^[2]。中医认为金耳性温中带寒,具有化痰止咳、提高造血功能和免疫力等功效^[2-3]。

金耳野生菌株主要分布于云南、四川、西藏、甘肃等地,子实体是由外层金耳菌丝和内层革菌菌丝联合共同组成的异质复合体^[4],两种菌丝的配比直接决定了菌种是否有效,因此,其有效菌种的获得要比非伴生菌食用菌更难。20 世纪 80 年代中期,金耳在我国云南被驯化栽培成功,并开展了大批量椴木栽培,1990 年实现了代料栽培,有学者^[5-9]围绕金耳的有效菌种制备及人工栽培技术做了大

收稿日期:2024-07-25;修回日期:2024-11-21

基金项目:河南优势特色农业产业科技支撑行动计划(20240803002)

作者简介:李 宾,男,助理研究员,研究方向为食用菌育种及高产栽培。E-mail:libill0371@126.com

通信作者:田 芳,女,助理研究员,研究方向为食用菌育种及高产栽培。E-mail:18538709804@126.com

量的研究工作,用棉籽壳和适生阔叶树木屑作为替代料进行金耳栽培并获得高产,为金耳的快速发展奠定了基础。

目前,金耳生产中存在着菌种质量参差不齐、出耳不稳定、产量低等问题^[10],关于金耳的研究多集中在品种选育^[11-12]、营养价值^[2]、多糖^[13-14]及食品开发方面,高效栽培配方方面的研究较少,而栽培基质是金耳生长发育的物质基础,也是高产稳产的重要保障。金耳栽培配方大多是根据经验来设计的,但同一菌株在不同栽培基质、不同配方上的生物学效率不尽相同。因此,笔者探索不同配方的母种培养基及栽培基质对金耳菌种获得及子实体生长发育的影响,优化设计更经济高效的基质配方,以期为提高金耳经济效益,指导金耳生产提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 供试菌株

金耳 J-1,由昆明市农业科学研究院引进;金耳 J-2,由太康县水润君赵农业科技有限公司引进。

1.2 材料

1.2.1 有效原种配方 棉籽壳 61%、木屑 32%(多种阔叶杂木屑,颗粒大小 6~12 mm 为宜)、玉米粉 4.6%、生石膏 1.2%、蔗糖 1%、磷酸二氢钾 0.24%。将所有培养料加水搅拌均匀,最终含水量为 60%,然后装入 750 mL 玻璃培养瓶,121 °C、101 kPa 高压灭菌 2.5 h,冷却后接种。棉籽壳、木屑,由周口太康水润君赵有限公司提供,玉米粉、蔗糖、生石膏、磷酸二氢钾于市场购买。

1.2.2 栽培基质配方 栽培基质中棉籽壳和木屑的配比共 10 个,A:棉籽壳 0%、木屑 90%;B:棉籽壳 10%、木屑 80%;C:棉籽壳 20%、木屑 70%;D:棉籽壳 30%、木屑 60%;E:棉籽壳 40%、木屑 50%;F:棉籽壳 50%、木屑 40%;G:棉籽壳 60%、木屑 30%;H:棉籽壳 70%、木屑 20%;I:棉籽壳 80%、木屑 10%;J:棉籽壳 90%、木屑 0。辅料均采用 10%蔗糖、7.8%玉米粉、1%生石膏、0.2%磷酸二氢钾,0.3%硫酸镁。

1.3 方法

1.3.1 母种最适培养基的筛选 金耳栽培试验于 2023 年 8 月至 2024 年 6 月在郑州市农业科技研究院须水试验场出菇室内进行。分别配制 7 种培养基,分装入三角瓶内高压灭菌备用。P1. PDA 培养基:马铃薯(去皮)200 g,葡萄糖 20 g,磷酸二氢钾

3 g,硫酸镁 1.5 g,琼脂 20 g,水 1000 mL。P2. PDA+3%麦粒煎汁;P3. PDA+0.5%蛋白胨;P4. PDA+2%的玉米淀粉;P5. 组合培养基:将 3 种培养基中的蛋白胨、麦粒煎汁、玉米粉的用量减半,再加入 0.2%~0.3%的磷酸二氢钾和 0.2%~0.3%的硫酸镁;P6. 在 PDA 培养基中加入 3%阔叶木屑煎汁;P7. 选择性组合培养基:蔗糖 1.5%,酵母浸膏 0.5%,硫酸镁 0.5%,琼脂 3%。各培养基在配制过程中 pH 值不作额外调节。

在超净工作台内,按照无菌操作规范从金耳 J-2 母种上切取直径 1 cm 大小的菌块,置于装有 7 种不同培养基的培养皿中央,22 °C 恒温培养箱内培养,每隔 24 h 观察记录 1 次,按照菌落形态及颜色由高到低对菌丝长势评分,分别记 5、4、3、2、1 分,菌丝体为洁白或浅黄色、长势均匀、无杂菌污染、接种块膨大且周围色素分泌少的分值高^[15],并选取 3 个方向分别测定菌落生长直径,取平均值,计算菌丝生长速率及生长指数,每个处理 3 次重复。

菌丝生长指数 = 菌落面积(mm²)×菌落长势评分 / 1(mm²)。

1.3.2 有效原种的制备 有效原种的制备:每个原种瓶装干料 150 g,参照 1.2.1 中配方,对原料计算和称质量,木屑和棉籽壳提前 1 d 进行预湿处理,蔗糖和磷酸二氢钾用水溶解后加入培养料,最后加水将所有原料搅拌均匀,不额外调节 pH 值,最终含水量为 60%,装入 750 mL 培养瓶中,微微压实,盖上专用透气盖子,置高压锅内 121 °C、101 kPa 灭菌 2.5 h。选取 4 °C 保存的外观好无污染的金耳母种,挖取直径 1 cm 大小的菌丝+耳块转接入原种培养瓶中央位置,22 °C 恒温恒湿培养箱内进行发菌及出耳管理,相对空气湿度为 70%,待长出形态好无污染的金耳子实体即可作为有效原种进行栽培试验。

栽培种的制备:设置 A~J 10 个处理,每个处理制作 30 袋,每个栽培袋干料 300 g,按照 1.2.2 中配方,分别计算并称取相应的基料,配制方法同原种,最后将培养料分装入 170 mm×330 mm×0.05 mm 规格的聚丙烯塑料袋中,采用塑料套环封口,121 °C、101 kPa 灭菌 2.5 h。

待料温降至室温,选取形态佳、无污染的有效金耳原种,在无菌条件下,用手术刀切取连带少许基料的 1.5 cm³ 的耳块,转接入栽培袋的袋口中央位置,做好处理标记,统一摆放于 22 °C 恒温恒湿培养室内进行培养,发菌期相对空气湿度维持在 70%,出现耳基并开始膨大后,相对空气湿度增至 80%~

90%^[15],保证子实体正常生长。

1.3.3 金耳发菌期及出耳期栽培管理 发菌阶段,环境温度保持在 20~25 °C,黑暗条件下培养,空气湿度保持在 70%。菌丝体吃料达到 1/3 袋后,环境温度降至 18~20 °C,避免毛茛茸菌菌丝徒长,同时促进金耳菌丝的生长及原基的形成。耳基形成后,打开塑料套环,定期喷水,空气湿度调至 80%~90%,同时注意通风,当子实体长到直径约为 4 cm 大小时,需适当增加环境内光照至 500~600 lx,加快子实体转色成熟。

1.3.4 不同栽培基质对金耳菌丝及子实体生长发育的影响 定时观察划线,并记录金耳菌丝长势、生长速率、满袋时间,当子实体充分开瓣呈脑状、转色至橙黄色时,及时采收,统计出耳的朵数,计算出耳率,并测定第一潮子实体产量,测算生物学效率。

生物学效率/%=头潮菇产量(g)/每个栽培袋干

料质量(300 g)×100。

1.4 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 27 软件对所有数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同培养基对金耳 J-2 母种菌丝长势的影响

由表 1 可知,金耳母种菌丝生长的最佳培养基配方为配方 P2 (PDA+3%麦粒煎汁),生长指数与其他处理间差异显著,生长速率最快、菌丝长势也最好,生长速率达 5.45 mm·d⁻¹,菌丝生长指数达 11 665.37;配方 P1 (PDA 培养基)次之;P5 培养的金耳菌丝生长指数最差。由图 1 可见,P5、P7 和 P3 中,接种块周边有不同程度的黄色色素出现,革菌型菌丝生长过于旺盛,不利于有效菌种的获得。

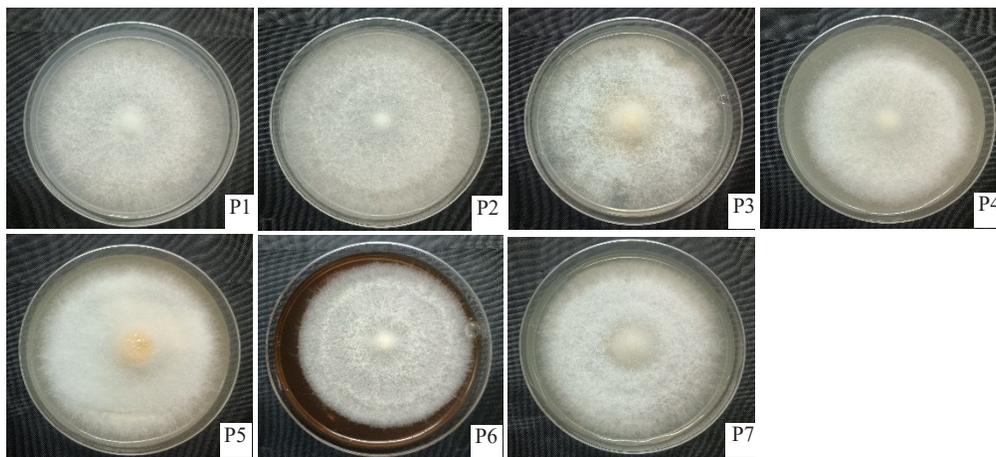
表 1 不同培养基对金耳 J-2 母种菌丝生长的影响

Table 1 Effects of 7 different culture medium on the mycelia growth of J-2 *Tremella aurantialba* mother strain

培养基配方 Culture medium	菌丝生长速率 Mycelial growth rate/(mm·d ⁻¹)	菌丝长势评分 Mycelial growth score	菌丝生长指数 Mycelium growth index
P1	4.95±0.12 b	4	7 707.21±378.45 b
P2	5.45±0.17 a	5	11 665.37±705.94 a
P3	4.90±0.17 b	3	5 651.32±400.10 c
P4	4.23±0.04 d	2	2 813.76±50.21 e
P5	4.44±0.07 c	1	1 545.46±49.31 f
P6	4.18±0.04 d	3	4 114.95±71.10 d
P7	4.62±0.09 c	2	3 356.67±123.54 e

注:1~5 表示菌丝长势,分数越高,表示菌丝长势越好;同列数字后不同小写字母表示处理之间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: 1-5 indicates mycelium growth, the higher the score, the better the mycelium growth. Different lowercase letters after the same column of numbers indicate significant difference between treatments at 0.05 level. The same below.



注:P1~P7 分别代表在 7 种不同培养基上的菌丝生长情况。

Note: P1-P7 represents mycelium growth on 7 different culture medium.

图 1 7 种培养基对金耳 J-2 母种菌丝长势的影响

Fig. 1 Effects of 7 different culture medium on the mycelia growth of J-2 *Tremella aurantialba* mother strain

2.2 不同栽培配方对金耳J-1菌株生长发育的影响

从表2可以看出,J-1金耳菌株在配方E上生物学效率最高,达71.12%,与A、B、C、H、I、J处理间差异显著,出耳率100%,菌丝长势最佳。但配方D、E、

F、G之间,生物学效率未达显著差异水平,菌丝长势均较佳。木屑含量在50%(E)以上时,随着木屑含量的增加,金耳菌丝生长速率呈上升趋势,但木屑含量超过60%(D)时,出耳率和生物学效率明显下降。

表2 不同栽培配方对金耳J-1菌株生长发育的影响

Table 2 Effects of different cultivation formulas on the growth and development of J-1 strain

栽培配方 Cultivation formulas	菌丝生长速率 Mycelial growth rate/(cm·d ⁻¹)	菌丝长势 Mycelium growth	满袋时间 Bag time/d	出耳率 Earing rate/%	头潮菇产量 First crop yield/g	生物学效率 Biological efficiency/%
A	0.60±0.01	+	25	80.00	135.90	45.30 e
B	0.57±0.05	+	25	86.67	145.89	48.63 de
C	0.53±0.01	+	27	93.33	156.63	52.21 d
D	0.51±0.03	++	28	100.00	204.93	69.31 ab
E	0.44±0.02	+++	33	100.00	213.36	71.12 a
F	0.45±0.01	+++	32	100.00	210.15	70.05 ab
G	0.43±0.03	++	34	100.00	208.74	69.58 ab
H	0.40±0.04	++	36	96.67	189.75	63.25 bc
I	0.36±0.02	++	40	90.00	180.54	60.18 c
J	0.37±0.01	++	40	83.33	175.41	58.47 c

注:“+”表示菌丝的浓密、粗壮整齐程度,“+”越多表示菌丝长势越好。下同。

Note: "+" indicates the density, roughness and tidiness of mycelia, and the more "+" indicates the better mycelia growth. The same below.

2.3 不同栽培配方对金耳J-2菌株生长发育的影响

从表3可以看出,J-2金耳菌株在配方E上生物学效率最高,达75.14%,与A、B、C、H、I、J处理间差异显著,出耳率100%,菌丝长势最佳。但配方D、E、F、G之间,生物学效率未达显著差异水平,菌丝长势均较佳。木屑含量在

30%(G)以下时,随着木屑含量的降低,金耳菌丝平均生长速率呈下降趋势,木屑含量超过50%(E)时,菌丝的生长速率持续下降,到木屑含量80%(B)时,菌丝的生长速率又上升,但木屑含量高于60%(D)时,出耳率和生物学效率明显下降。

表3 不同栽培配方对金耳J-2菌株生长发育的影响

Table 3 Effects of different cultivation formulas on the growth and development of J-2 strain

栽培配方 Cultivation formulas	菌丝生长速率 Mycelial growth rate/(cm·d ⁻¹)	菌丝长势 Mycelium growth	满袋时间 Bag time/d	出耳率 Earing rate/%	头潮菇产量 First crop yield/g	生物学效率 Biological efficiency/%
A	0.51±0.03	+	28	83.33	137.94	45.98 e
B	0.53±0.01	+	27	86.67	147.75	49.25 de
C	0.49±0.01	+	30	96.67	160.86	53.62 d
D	0.51±0.01	+++	29	100.00	216.72	72.24 a
E	0.52±0.04	+++	28	100.00	225.42	75.14 a
F	0.43±0.03	+++	32	100.00	218.85	72.95 a
G	0.46±0.02	++	31	100.00	211.05	70.35 ab
H	0.43±0.01	++	32	96.67	198.63	66.21 b
I	0.37±0.01	++	40	90.00	183.06	61.02 c
J	0.34±0.01	++	42	80.00	178.05	59.35 c

3 讨论与结论

母种培养基筛选试验中,金耳J-2菌株在PDA培养基+3%麦粒煎汁培养基(P2)上生长速率最大,达5.45 mm·d⁻¹,菌落长势也最优,菌丝生长指数最

佳,达11 665.37,与其他处理间差异显著,PDA培养基(P1)次之。组合培养基(P5)最差,玉米粉、蛋白胨的加入不利于金耳母种菌丝生长,推测可能与培养基氮源含量过高有关,使得有效菌种过渡为混合型菌丝,革菌型菌丝占据绝对优势,不利于有效

菌种的获得,这与刘正南等^[7]的研究结果一致。

通过比较不同配比的栽培基质对金耳生长发育的影响,所有配比处理中棉籽壳 40%、木屑 50% (E)表现最好,J-1 和 J-2 菌株生物学效率均达到最高,出耳率 100%。但生产中,农户还需考虑原材料的价格与运输成本,河南本地的木屑 0.8 元·kg⁻¹,棉籽壳 2.3 元·kg⁻¹,棉籽壳的价格远高于木屑,配方 D、E、F、G 之间金耳的生物学效率差异不显著,综合考虑,经济高效的金耳栽培基质配方为 D:棉籽壳 30%、木屑 60%、蔗糖 10%、玉米粉 7.8%、生石膏 1%、磷酸二氢钾 0.2%,硫酸镁 0.3%。

另外,试验结果还显示,随着栽培配方中木屑含量的增加,J-1 和 J-2 菌株的子实体产量均呈先上升后下降趋势,木屑含量在 60%以上时,菌丝生长速率普遍高于 40%以下,这可能与木屑的透气性优于棉籽壳、可促进菌丝生长有直接关系,当木屑含量为 50%时,子实体产量最高,但随着木屑添加量的进一步加大,金耳子实体的产量呈下降趋势,这与刘欣等^[10]报道的结果刚好相反,有待于进一步研究。此现象也说明出耳率和产量的高低与菌丝生长速率不呈正相关关系,这与田果廷等^[3]的报道一致。不同的金耳品种在相同栽培基质配方条件下,菌丝生长速率和产量并不相同,说明不同品种营养偏好并不完全一致,瞿伟菁等^[16]、田果廷等^[3]、封晔^[17]在研究中分别发现了无腺体棉籽壳、中药渣可以作为金耳栽培的优良基质。因此,笔者也建议在进行大规模生产前,因地制宜,选择来源广、质量好的新型代用料为主料,针对栽培品种开展栽培基质配方优化试验,设计出专用型配方。在生物学特性方面,相对于 J-1 菌株,J-2 生物学效率较高,朵型更大,肉质层更厚,在最佳配方 D 上,头潮菇产量提高 11.79 g,生物学效率提高 2.93 个百分点,J-2 更适宜推广为规模化生产用菌株。金耳像其他食用菌优良菌株一样具有种性退化的缺点,通常每隔 2~3 年,需提纯复壮,使得有效菌种保持本来的优良种性。

对于代料栽培金耳的产量高低、质量好坏,代料是前提,菌种是根本,栽培管理是保证^[7]。目前,生产中主要有固体接种和液体接种两种方式,固体接种对菌种的需求量大,且培养周期长^[15],下一步,

笔者将进一步围绕液体接种的方式、混合比例和混合时间等对金耳有效液体菌种的制备展开更深入的研究,以促进金耳栽培实现标准化、工厂化、周年化。

综上所述,金耳 J-2 菌株的母种最佳培养基为 PDA 培养基+3%麦粒煎汁,菌丝生长速率最大且长势最佳;金耳 J-1、J-2 两个菌株的最佳栽培基质配方为:棉籽壳 30%、木屑 60%、蔗糖 10%、玉米粉 7.8%、生石膏 1%、磷酸二氢钾 0.2%,硫酸镁 0.3%。生产中,应因地制宜,根据品种选用最优的栽培基质,从而提高金耳代料栽培的子实体产量和品质。

参考文献

- [1] 何容,罗晓莉,李建英,等.金耳研究现状与展望[J].食药菌,2019,27(1):41-47.
- [2] 游金坤,伍娟霞,邓雅元,等.金耳椴木栽培与代料栽培营养成分与风味特征分析比较[J].中国食用菌,2020,39(11):89-94.
- [3] 田果廷,陈卫民,苏开美,等.金耳代料栽培技术研究[J].食用菌学报,2012,19(1):43-46.
- [4] 王俊.金耳不同菌株生长势比较研究[J].安徽农学通报(下半月刊),2011,17(10):44-45.
- [5] 刘正南,郑淑芳.金耳的生理特性及有效优良菌种的制备原理[J].中国食用菌,1995(5):10-11.
- [6] 刘正南,郑淑芳.金耳的生理特性及有效优良菌种的制备原理(续)[J].中国食用菌,1995(6):9-11.
- [7] 刘正南,郑淑芳.金耳代料栽培技术[M].北京:金盾出版社,2002:81-82.
- [8] 刘正南,郑淑芳,张洪,等.金耳代料栽培及转色机制[J].食用菌,1990(1):24-25.
- [9] 郑淑芳,刘平.金耳人工栽培研究初报[J].食用菌科技,1983(1):15-16.
- [10] 刘欣,刘虹,赵照林,等.金耳栽培条件的初步研究[J].中国食用菌,2019,38(5):15-17.
- [11] 张俊波,刘绍雄,华蓉,等.金耳新品种‘中菌金耳4号’选育[J].食用菌学报,2023,30(6):33-44.
- [12] 李建英,罗孝坤,刘春丽,等.金耳有效原种的配方和品种筛选[J].生物灾害科学,2020,43(1):96-99.
- [13] 刘利平,刘艳芳,孙浩雯,等.生长期对金耳多糖结构特征及抗炎活性的影响[J].食用菌学报,2024,31(3):42-50.
- [14] 杨林雷,李荣春,曹瑶,等.金耳及金耳多糖的药用保健功效及其机理研究进展[J].食药菌,2021,29(3):176-182.
- [15] 金丽,李宾,田芳.金耳液体菌种制备及袋料高效栽培技术[J].乡村科技,2024,15(9):69-71.
- [16] 瞿伟菁,黄福麟,吴制生.无腺体棉籽壳代料栽培金耳的研究[J].上海农业学报,1997(4):56-60.
- [17] 封晔.丹参药渣对金耳生长发育的影响[J].农业与技术,2020,40(20):24-25.