

使用不同培养水质对金针菇生长情况的影响

王 华¹, 郭力刚², 王瑞娟², 陆 欢^{2*}

¹河北光明九道菇生物科技有限公司, 河北 邢台

²上海市农业科学院食用菌研究所, 农业农村部国家食用菌种质资源库(上海), 国家食用菌工程技术研究中心, 上海

收稿日期: 2023年10月2日; 录用日期: 2023年11月2日; 发布日期: 2023年11月9日

摘 要

本试验以自然井水和自来水为培养水质, 探究不同水质对工厂化生产金针菇的菌丝生长情况和实体生长情况及产量等性状的影响。结果表明, 使用自然井水为培养水质时, 成熟采收期的产量低于以自来水为培养水质的金针菇, 且子实体的菌柄较软, 缺乏活力, 但水分含量高于以自来水为培养水质的金针菇。

关键词

金针菇, 水质, 生长情况

Effects of Different Cultivation Water Source on the Growth of *Flammulina filiformis*

Hua Wang¹, Ligang Guo², Ruijuan Wang², Huan Lu^{2*}

¹Hebei Guangming Jiudaogu Biotechnology Co., Ltd., Xingtai Hebei

²Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, National Edible Fungi Germplasm Resource Bank of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs (Shanghai), National Engineering Research Center of Edible Fungi, Shanghai

Received: Oct. 2nd, 2023; accepted: Nov. 2nd, 2023; published: Nov. 9th, 2023

Abstract

The natural well water and tap water were used as cultivation water source to explore the effects of different cultivation water source on mycelium and fruiting body growth, and yield of *Flammulina filiformis*. The results showed that the yield of *Flammulina filiformis* in mature harvest period

*通讯作者。

文章引用: 王华, 郭力刚, 王瑞娟, 陆欢. 使用不同培养水质对金针菇生长情况的影响[J]. 农业科学, 2023, 13(11): 1024-1032. DOI: 10.12677/hjas.2023.1311140

was lower when using natural well water as culture water source, and the stipe was soft and lacked vitality, but the water content was higher than that of *Flammulina filiformis* when using tap water as culture water source.

Keywords

Flammulina filiformis, Cultivation Water Source, Growth Condition

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

金针菇(*Flammulina filiformis*)含有丰富的营养物质和活性成分,如多糖、蛋白质、氨基酸、维生素和矿物质等[1]。近二十年来,我国金针菇产业飞速发展,2021年我国金针菇产量已达214.57万吨(数据来源于中国食用菌协会)[2]。虽然我国金针菇工厂化栽培模式已非常成熟,但受限于能源、水源、原材料等资源的限制,金针菇工厂化栽培同样也面临高成本的能源消耗等问题,使得金针菇生产需要综合考虑低碳、节能、高效等方面,从而推动产业健康可持续发展。

近几十年,我国金针菇工厂化技术水平得到了飞速提升,在此过程中发现环境因素(温度、湿度、光照、酸碱度和空气通风情况等)和营养因素(配方等)是影响金针菇生长和产品品质的主要原因[3][4]。但目前,我国金针菇栽培方面的研究主要集中于栽培技术开发和配方优化等方面。张智等研究发现野生芬娜金针菇最适培养基为:50%棉籽壳,38%木屑,10%麸皮,2%碳酸钙,出菇时整齐度良好,口感较其他金针菇脆嫩[5]。李文辉等发现以马铃薯淀粉渣为原料栽培金针菇的最佳的配方为:12%马铃薯淀粉渣,20%棉籽壳,24%玉米芯,20%木屑,15%麦麸,1%石膏和8%玉米粉,比其他配方栽培金针菇的菌丝体生长速度快、浓密[6]。何花以大豆,玉米和花生秸秆分别为主要培养料栽培金针菇,结果发现以玉米秸秆为原料时出菇整齐、时间快,最优配方为:44%玉米秸秆、30%木屑、24%麸皮、1%蔗糖、1%石膏粉[7]。刘亚兰等发现添加了芦苇秆的栽培配方:26.49%玉米芯,6.91%棉籽壳,3.84%甜菜渣,1.54%贝壳粉,9.21%麸皮,30.71%米糠,3.84%干豆渣,5.37%大豆皮,3.84%啤酒糟,0.58%轻质碳酸钙,7.68%芦苇秆,结果表明添加芦苇秆对金针菇的产量增加无显著影响,但可明显降低生产成本[8]。

吴宝杰等发现微量元素锌能促进金针菇生长,提高金针菇产量和品质[9]。谢正林等发现在金针菇子实体分化过程中LED光源的最佳组合为白色光,当光照6h,光照强度为290lx时,A级菇率高达(93±1)%;在金针菇子实体生长过程中LED光源的最佳组合为蓝色光,当光照4h,光照强度为439lx时,A级菇率可达(95±1)%[10]。

金针菇在生产过程中还需要消耗大量水源和能源,但对金针菇生产如何节能节水等方面的研究还甚少报道。李湘妮等探究了富氢水对长季节基质栽培彩椒抗逆性和品质的影响,结果发现相比自来水,通过富氢水处理后彩椒叶片和根部SOD、CAT、POD、APX活性和Pro含量有显著提高[11]。赵懿颖等研究了不同浓度富氢水对番茄生长发育和产量的影响,发现富氢水对番茄种子萌发无显著影响,在50%浓度下可以明显提高番茄果实单果鲜重和单株产量[12]。鲁博探究了不同浓度下富氢水对结球生菜幼苗生长和品质的影响,结果发现浓度在25%时地下鲜重显著增加,且结球生菜的总糖、纤维素、粗蛋白含量显著增加[13]。

综上所述,目前不同水质对金针菇生长情况的研究未见报道,但在金针菇生产过程中使用不同的水质对金针菇生长有一定影响。因此,本研究分别使用井水和自来水作为金针菇生产的水源,探究了不同水质对金针菇菌丝和子实体的生长情况及产量等性状的影响,为金针菇产业持续健康发展提供技术支撑。

2. 材料与方法

2.1. 供试材料

金针菇菌株 2031,来自河北光明九道菇生物科技有限公司。自来水来自临西市市政供水,井水来自河北光明九道菇生物科技有限公司内井水。

2.2. 实验方法

2.2.1. 培养基

母种采用马铃薯琼脂培养基,接种培养 7 d 后,共进行 3 次传代;再接入马铃薯液体培养基,20℃,150 r/min 培养 8 d;原种采用发酵罐液体培养基,培养 6~8 d;栽培种采用每瓶(1200 mL)接入 30~35 mL 原种,完成接种放置培养室进行发菌。从母种、原种到栽培种分别使用井水和自来水作为生产水源。

2.2.2. 培养及出菇管理

在接入栽培种后移入培菌室,于培菌 48 h、13 d、22 d 观察菌丝萌发情况,拍照记录。菌丝培养 22 d 时进行搔菌,再移入出菇室进行出菇培养。于移入出菇室后的第 4 d、8 d、15 d、21 d 和采收当天对金针菇的生长情况进行观察,拍照记录。

2.2.3. 测量指标

主要测定在不同水质作为生产水源的情况下,金针菇菌丝的生长情况、现原基情况、产量及子实体生长情况等农艺性状,并做好记录,本实验采用相互对照的方式进行。

2.2.4. 统计分析

采用 Excel 2019 软件进行数据处理,SPSS 21.0 软件进行统计分析。

3. 结果与分析

3.1. 使用不同水质培养的金针菇菌丝生长情况

由表 1 可知使用不同水质栽培金针菇对菌丝萌发、生长速度和长势没有显著的影响,使用自来水作为培养水源的金针菇在接种 48 h 后菌落萌发均匀性优于使用井水作为培养水源。随着培养时间的增加,使用不同水质培养的金针菇菌丝生长情况(如菌丝形成五花状、料面粉孢子产生情况)、菌丝长势、菌丝长满菌瓶程度、培养天数、搔菌前的 pH 值和含水量均无显著差异,说明水质对金针菇的菌丝生长无影响。

Table 1. Effects of different cultivation water source on mycelial growth
表 1. 不同水质对菌丝生长情况的影响

水质	自来水	井水
48 h 菌丝萌发均匀性	+++	++
16 d 菌丝萌发五花状	+++	+++
料面产生粉孢子情况	++	++
菌丝长势	++++	++++
菌丝培养天数/d	22	22

Continued

菌丝满瓶程度	95%	95%
搔菌前 pH	7.2	7.3
搔菌前含水量/%	70.3	69.8

注：++表示菌丝萌发均匀性较好、菌丝形成五花状程度较好，料面产生粉孢子较少、菌丝长势较好；+++表示菌丝萌发均匀性好、菌丝形成五花状程度好，料面产生粉孢子少、菌丝长势好；++++表示菌丝萌发均匀性很好、菌丝形成五花状程度很好，料面产生粉孢子较多、菌丝长势很好。

使用不同水质的金针菇在接种后 48 h、13 d、22 d 的菌丝生长情况见图 1~3。由图 1 可知，接种培养 48 h 后，以自来水为培养水源的金针菇菌瓶的料面菌丝萌发较为浓白，菌丝基本铺满料面，中间孔眼及周围较边缘的菌丝颜色偏淡；而以井水为培养水源的金针菇菌瓶的菌丝虽基本铺满料面，但料面菌丝萌发较为偏淡。由图 2 可知，接种培养 13 d 后，以自来水为培养水源的金针菇菌瓶上部菌丝呈触角状延伸至瓶身 1/2 处，瓶底菌丝向上延伸 5~8 cm；而以井水为培养水源的金针菇的菌丝生长情况与以自来水为培养水源的培养情况无显著差异。由图 3 可知，接种培养 22 d 后进行搔菌，分别以自来水和井水为培养水源的金针菇的料面菌丝都存在部分轻微水汽和部分粉孢子，无老芽出现。综上所述，使用不同水质培养金针菇时，使用不同水源得菌丝生长情况时期仅在接种培养 48 h 后有差异，随着培养时间的延长，不同水源培养的金针菇菌丝生长情况无明显差异，可能与菌丝生长过程主要是营养生殖有关。



Figure 1. Mycelial growth after inoculation for 48 hours ((a): Well water is used as water source; (b): Tap water is used as water source; The same below)

图 1. 接种 48 h 后菌丝生长情况((a): 以井水为水源; (b): 以自来水为水源; 下同)



Figure 2. Mycelial growth after inoculation for 13th day

图 2. 接种 13 d 后菌丝生长情况



Figure 3. Mycelial growth after inoculation for 22nd day
图 3. 接种 22 d 后菌丝生长情况

3.2. 使用不同水质培养出的菇情况

由表 2 可知, 以自来水和井水为培养水源时, 搔菌进入培养室后都在第 4 d 料面恢复正常, 以及第 8 d 出原基情况时都无显著差异。随着培养时间的增加, 从第 15 d 开始, 以自来水为水源培养的金针菇在生长速度、产品品质方面都优于以井水为水源培养的金针菇。说明不同水质对金针菇出菇时期的状态和品质有一定的影响, 原因可能是自来水是经过滤处理, 所含矿质元素、微生物菌群比较均一, 而井水中所含的元素对生殖生长无明显帮助。

Table 2. Effects of different cultivation water source on fruiting
表 2. 不同水质对出菇情况的影响

	自来水	井水
培养室第 4 天生长状态	++++	++++
培养室第 15 天生长状态	++++	+++
培养室第 21 天生长状态	++++	+++
采收时间/d	25/26	25/26
子实体品质	+++	+++

注: +++表示生长状态、子实体品质较好; ++++表示生长状态、子实体品质好。

使用不同水质的金针菇在搔菌移入培养室后第 4 d、8 d、15 d、21 d 的生长情况及采收时子实体品质情况见图 4~7。由图 4 可知, 以自来水和井水为水源培养的金针菇在移入培养室第 4 d 后菌丝均恢复正常, 铺满料面。由图 5 可知, 以自来水为水源培养的金针菇在第 8 d 出芽量较多, 芽长势均匀; 而以井水为水源培养的金针菇第 8 d 出的芽较为粗壮。由图 6 可知, 分别以自来水和井水为水源培养的金针菇在第 15 d 套筒后, 金针菇子实体在生长速度、整齐度上均无显著差异, 但以井水为水源培养的金针菇的子实体菌盖比以自来水为水源培养的金针菇菌盖要偏大。由图 7 可知, 以自来水为水源培养的金针菇在第 21 d 时的子实体比以井水为水源培养的金针菇整齐度要好, 且菌盖表面转干迹象明显, 大约 2/3 的子实体已经收干; 而以井水为水源培养的金针菇的菌盖表面较湿, 仅有少分子子实体收干, 需要借助轴流风机除湿。综上所述, 分别以自来水和井水为水源培养的金针菇在进入培养室 1~14 d 时无显著差异, 从第 15 d 开始出现差异, 以井水为培养水源的金针菇子实体生长情况略好于以自来水为培养水源的金针菇, 可能

是由于井水中含有较多的矿物质，自来水经消毒后矿物质含量下降所导致的。在 21 d 时以自来水为培养水源的金针菇子实体长势和干燥程度均优于以井水为培养水源的金针菇，这可能是由于井水未经消毒处理，水中包含的微生物和金针菇争夺营养物质所导致的。

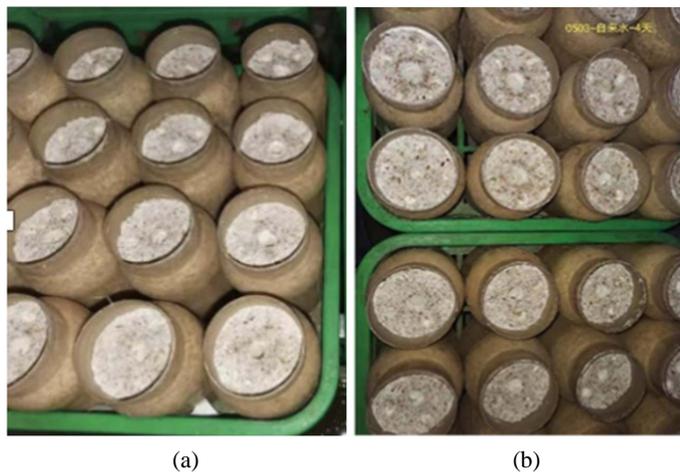


Figure 4. Growth of *Flammulina filiformis* on the 4th day
图 4. 第 4 d 出菇培养的生长情况

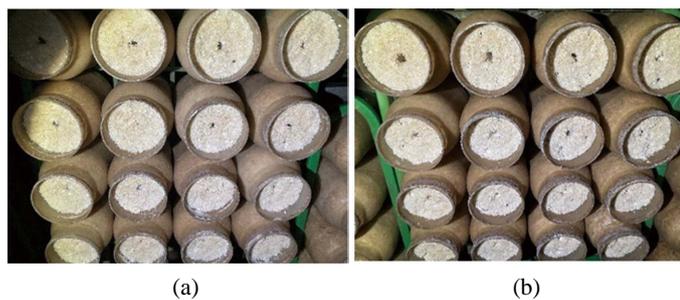


Figure 5. Growth of *Flammulina filiformis* on the 8th day
图 5. 第 8 d 出菇培养的生长情况

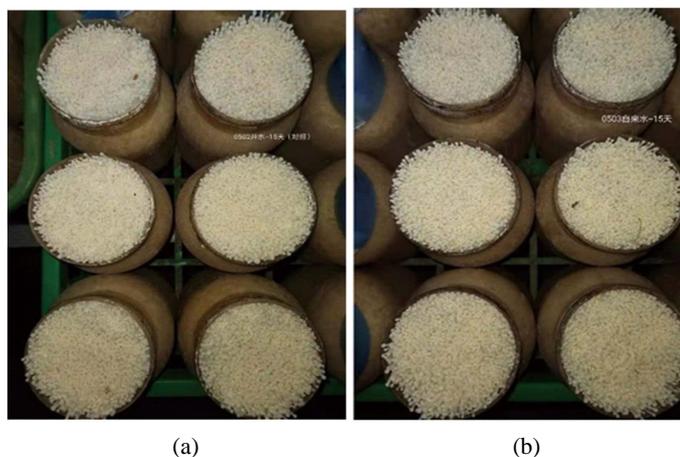


Figure 6. Growth of *Flammulina filiformis* on the 15th day
图 6. 第 15 d 出菇培养的生长情况

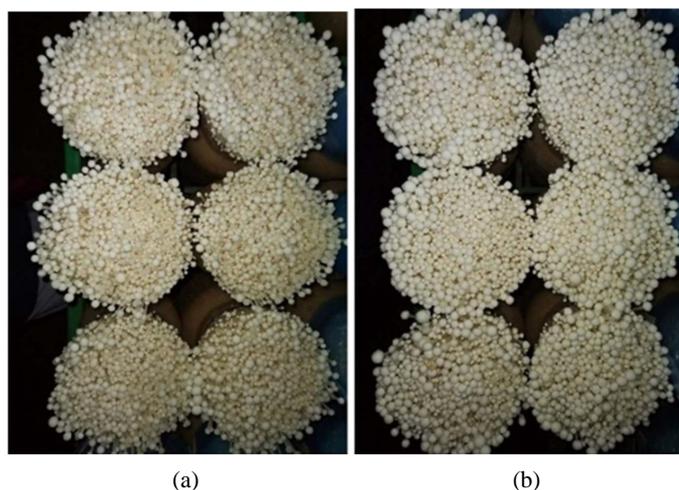


Figure 7. Growth of *Flammulina filiformis* on the 21st day
图 7. 第 21 d 出菇培养的生长情况

3.3. 使用不同水质培养的产量情况

由表 3 可知,以自来水为水源培养的金针菇采收时平均单产为 438.6 g/瓶,而以井水为水源培养的金针菇采收时平均单产为 398.95/瓶,说明以自来水为水源培养的金针菇平均单产高于以井水为水源培养的金针菇,原因可能是由于自来水经过处理,更有利于金针菇生长过程中对营养的吸收。而表 3 中以自来水为水源培养的第一筐金针菇产量和其余两筐产量有显著差异,这可能是由于在菇房取样的位置有关。

Table 3. Effects of different cultivation water source on yield
表 3. 不同水质对产量的影响

产量/g	第一筐	第二筐	第三筐
自来水	423.44	450.50	441.88
井水	395.94	400.44	400.47

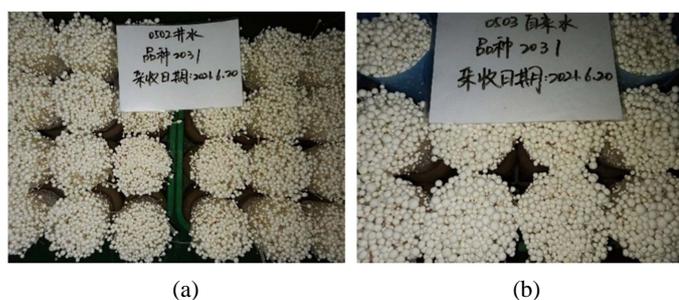


Figure 8. The state of pileus of *Flammulina filiformis* at harvest
图 8. 采收时金针菇的菌盖状态

使用不同水质的金针菇在采收时子实体的菌盖、侧芽和菌根生长情况见图 8~9。如图 8 和图 9 所示,以自来水为水源培养的金针菇在生育后期没有使用轴流风机进行除湿,95%的子实体达到较干燥的程度,且菌盖整体较均匀,菌柄较硬,菌根较白;而以井水为水源培养的金针菇在生育后期加入了轴流风机进行除湿,导致部分菌盖开伞,菌盖较大,菌柄较软,但菌根仍较白。综上所述,以自来水为水源培养的

金针菇在平均产量和子实体商品性状上都优于以井水为水源培养的金针菇，后续在生产过程中应将自来水作为主要培养水源。



Figure 9. The state of lateral bud and mycorrhizal of *Flammulina filiformis* at harvest

图 9. 采收时金针菇的侧芽和菌根状态

由于借助轴流风机除湿，导致菇帽个别开伞，菇柄软，菇根较白微散。自来水配方的金针菇略优于井水配方的金针菇。

实验结果表明自来水配方对金针菇的产量有增益效果，在实验结中存在自来水配方组的自然干燥效果略优于井水配方组这可能是由于自来水中微生物含量较少的原因，但具体作用机制还需进一步实验研究。

4. 结论与讨论

水分是金针菇生产过程中不可缺少的条件，一切营养物质必须溶于水才能渗透到细胞内，同时，体内代谢的废物也只有溶于水才能被排除；且金针菇属于喜湿性的食用菌，在金针菇生长发育的各个阶段，都必须供给充足的水分。在工厂化条件下金针菇生产用水量巨大，而不同的水质对金针菇生长有一定的影响，通过不同水质试验，使金针菇处于最适宜的生长状态，同时达到节能节水的状态，对整个金针菇产业发展至关重要。

本研究中以自来水和井水作为水源培养金针菇，首次对水源对金针菇生长情况的影响进行了初步的探究。结果发现不同水质对金针菇菌丝生长阶段无显著影响，但在金针菇生育后期有明显的影响，尤其是在套筒后到采收阶段对子实体的农艺性状和产量影响较大。在金针菇生长过程，尤其是在营养生长过程中，不同水源对农艺性状和产量是如何进行调控的，诸如此类相关问题值得进一步进行探究。

基金项目

上海市农业科学院卓越团队建设项目(ZY221601)。

参考文献

- [1] 陆欢, 王瑞娟, 刘建雨, 等. 不同品种金针菇的营养成分分析与评价[J]. 食品与机械, 2021, 37(6): 69-75.
- [2] 中国食用菌协会. 中国食用菌协会关于印发 2021 年度全国食用菌产量、产值统计调查结果的函[中食菌协函

- [2022]30号] [EB/OL]. <http://bigdata.cefa.org.cn/output.html>, 2022-12-30.
- [3] 张剑. 环境因子对金针菇品质的影响[J]. 中国食用菌, 2020, 39(10): 59-62.
- [4] 刘启燕, 戚俊, 王卓仁, 等. 我国金针菇工厂化生产现状与思考[J]. 中国食用菌, 2021, 40(12): 83-88, 92.
- [5] 张智, 谭武平, 刘远超, 等. 一株野生芬娜冬菇菌株的鉴定与驯化栽培[J]. 食用菌学报, 2017, 24(1): 45-49.
- [6] 李文辉, 王逸璇, 俞建民, 等. 马铃薯淀粉渣对金针菇生长特性及产量的影响[J]. 生物技术进展, 2023, 13(3): 435-440.
- [7] 何花. 利用农作物秸秆栽培金针菇技术[J]. 基层农技推广, 2022, 10(12): 28-34.
- [8] 刘亚兰, 冯占, 李贺文, 等. 金针菇工厂化栽培配方添加芦苇秆的试验研究[J]. 菌物研究, 2022, 网络首发.
- [9] 吴宝杰, 李金渔. 微量元素锌对金针菇生长的影响[J]. 中国果蔬, 2017, 37(8): 17-18, 20.
- [10] 谢正林, 杨生琴, 谢春芹, 等. LED光源对金针菇工厂化生产影响研究[J]. 中国食用菌, 2019, 38(11): 32-36, 41.
- [11] 李湘妮, 刘诗华, 张晶, 等. 富氢水对长季节基质栽培彩椒抗逆性和品质的影响[J]. 蔬菜, 2022(12): 18-22.
- [12] 赵懿颖, 徐靖敏, 李芳, 等. 富氢水处理对番茄生长发育和产量的影响[J]. 农业与技术, 2022, 42(22): 6-9.
- [13] 鲁博. 富氢水对结球生菜幼苗生长和品质的影响[J]. 园艺与种苗, 2023, 43(5): 43-46.