

# 不同矿质元素对真姬菇菌丝生长的影响

梁飞林<sup>1</sup>, 王治江<sup>1</sup>, 张文斌<sup>2</sup>, 李文德<sup>2</sup>

(1. 河西学院 农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省张掖市经济作物推广站, 甘肃 张掖 734000)

**摘 要:**以真姬菇为试材, 采用固体平板菌落十字相交法, 研究了  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  4 种矿质元素对真姬菇菌丝生长的影响。结果表明:  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  浓度高于 0.2 g/L 对菌丝生长具有明显的抑制作用;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  适宜的浓度为 1.5~3.0 g/L;  $\text{MgSO}_4$  的浓度小于 1.5 g/L, 高于 7.5 g/L 时, 对真姬菇菌丝生长具有明显的抑制作用;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  对真姬菇菌丝生长作用不明显, 但大于 0.8 g/L 时, 具有抑制作用, 且随着浓度的增加, 抑制作用明显。适宜真姬菇菌丝生长的矿质元素的最优组合为 0.25 g/L  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.25 g/L  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、1.5 g/L  $\text{MgSO}_4$ 、1.0 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 。

**关键词:**矿质元素; 真姬菇; 菌丝生长

**中图分类号:**S 646.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)09-0118-03

真姬菇 (*Hypsizygus marmoreus* (Peck) H. E. Bigelow) 属真菌界(Fungi)、担子菌门(Basidiomycota)、伞菌纲(Agaricomycetes)、伞菌目(Agaricales)、离褶伞科(Lyophyllaceae)、玉蕈属(*Hypsizygus*)。自然分布于中国、日本、欧洲、北美洲等地<sup>[1]</sup>, 其外形美观, 质地脆嫩, 味道鲜美, 因其具有海蟹味又称为海鲜菇或蟹味菇, 是中国食用菌工厂化生产的重要品种之一, 也是具有多种保健功效的珍稀食用菌, 深受国内外市场欢迎, 具有良好的市场前景<sup>[2]</sup>。

我国从 20 世纪 80 年代起就对真姬菇的生物学特性、栽培条件及工厂化技术进行了研究, 但目前商业化生产规模一直处于较低的发展水平, 主要原因之一是对其栽培菌株的有关生物学特性缺乏系统的研究, 从而对其高产栽培条件和技术缺乏准确深入的掌握, 而对影响其生长发育、生产中常用的矿质元素的研究报道甚少<sup>[3]</sup>。为确立真姬菇栽培的高产技术体系, 更好地促进真姬菇的发展, 明确矿质元素在真姬菇栽培中的增产效应, 现对真姬菇菌丝生长的矿质营养因子进行了试验研究。

**第一作者简介:**梁飞林(1978-), 男, 甘肃张掖人, 本科, 讲师, 研究方向为食用菌栽培。E-mail: 13993621215@163.com

**责任作者:**王治江(1965-), 男, 甘肃高台人, 高级实验师, 现主要从事食用菌产业化开发等研究工作。E-mail: wangzhijiang0772@163.com

**基金项目:**甘肃省特色产业科技攻关资助项目(Gs2014scgg-05(2))。

**收稿日期:**2015-01-20

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 菌种 由河西学院农业与生物技术学院实验教学中心提供, 供试母种经活化扩繁培养。

1.1.2 PDA 综合培养基 葡萄糖 20 g, 蛋白胨 0.3 g, 琼脂 20 g, 马铃薯 200 g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1 g,  $\text{MgSO}_4$  1 g, 蒸馏水 1 000 mL, pH 自然。

1.1.3 基础培养基 葡萄糖 20 g, 蛋白胨 0.3 g, 琼脂 20 g, 马铃薯 200 g, 蒸馏水 1 000 mL, pH 自然。

### 1.2 试验方法

1.2.1 菌种培养 将供试菌株斜面活化, 接种于 PDA 综合培养基平板上, 置于 25℃ 恒温箱下培养 7 d, 在生长一致的菌落边缘部位打取直径 5 mm 的菌饼圆片, 供各试验处理接种用。按常规方法将各处理培养基灭菌、制平板, 接种后置于 25℃ 恒温培养箱中培养, 同一试验各处理培养时间相同。

1.2.2 不同浓度  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  对真姬菇菌丝体生长的影响 在基础培养基中, 分别添加 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 g/L 的  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 制成不同培养基, 以不添加任何矿质元素为对照, 每个处理重复 3 次, 置于 25℃ 恒温培养箱下培养 7 d, 在相同培养条件下, 按十字交叉法测量菌丝生长菌落直径, 计算菌丝日平均生长速率。

1.2.3 不同浓度  $\text{MgSO}_4$  对真姬菇菌丝体生长的影响 在基础培养基中, 分别添加 1.5、3.0、4.5、6.0、7.5 g/L 的  $\text{MgSO}_4$ , 制成不同培养基, 以不添加任何矿质元素为对照, 每个处理重复 3 次, 置于 25℃ 培养箱下培养 7 d, 在相同培养条件下, 按十字交叉法测量菌丝生长菌落直

径,计算菌丝日平均生长速率。

#### 1.2.4 不同浓度 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 对真姬菇菌丝体生长的影响

在基础培养基中,分别添加 1.5、3.0、4.5、6.0、7.5 g/L 的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,制成不同培养基,以不添加任何矿质元素为对照,每个处理重复 3 次,置于 25℃ 培养箱中培养 7 d,在相同培养条件下,按十字交叉法测量菌丝生长菌落直径,计算菌丝日平均生长速率。

1.2.5 不同浓度  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  对真姬菇菌丝体生长的影响 在基础培养基中,分别添加 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 g/L 的  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,制成不同培养基,以不添加任何矿质元素为对照,每个处理重复 3 次,置于 25℃ 培养箱中培养 7 d,在相同培养条件下,按十字交叉法测量菌丝生长菌落直径,计算菌丝日平均生长速率。

1.2.6 正交设计 考虑到矿质元素之间的交互作用对菌丝体的影响,对真姬菇菌丝生长影响最佳的矿质元素进行浓度优化选择试验,采用  $\text{L}_9(3^4)$  正交实验设计,筛选矿质元素之间的最优搭配,具体因素和水平见表 1。

表 1  $\text{L}_9(3^4)$  正交实验因素与水平

水平	因素			
	A	B	C	D
	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /(g·L <sup>-1</sup> )	$\text{MgSO}_4$ /(g·L <sup>-1</sup> )	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ /(g·L <sup>-1</sup> )	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /(g·L <sup>-1</sup> )
1	0.25	1.5	0.5	0.25
2	0.50	3.0	1.0	0.50
3	0.75	4.5	1.5	0.75

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度的 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 对真姬菇菌丝生长的影响

表 2 表明,不同浓度的  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  对真姬菇菌丝生长影响有差异;0.2 g/L  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  与对照之间无差异,对真姬菇菌丝生长无明显的抑制作用;其余浓度对真姬菇菌丝生长均具有显著的抑制作用。即  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  浓度高于 0.2 g/L,对菌丝生长具有明显的抑制作用,且随着浓度的增加,对菌丝的抑制作用增强。

表 2  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  对真姬菇菌丝生长的影响

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 处理 /(g·L <sup>-1</sup> )	重复/cm			平均生长量 cm	差异显著性	
	1	2	3		0.05	0.01
0.2	5.55	5.40	5.75	5.57	a	A
0(CK)	4.65	4.75	4.74	4.71	ab	AB
0.4	4.70	2.80	4.70	4.07	bc	BC
0.8	3.60	3.50	3.75	3.62	cd	BC
0.6	3.70	3.60	3.55	3.62	cd	BC
1.0	2.60	3.20	3.45	3.08	d	C

### 2.2 不同浓度的 $\text{MgSO}_4$ 对真姬菇菌丝生长的影响

表 3 表明, $\text{MgSO}_4$  加入量在 1.5~6.0 g/L 时,对真姬菇菌丝生长的作用不明显,与对照无显著差异,且它们之间差异不显著;说明真姬菇菌丝对  $\text{MgSO}_4$  不敏感,但  $\text{MgSO}_4$  大于 6.0 g/L 时,对真姬菇菌丝生长具有明显

的抑制作用,与对照达极显著差异;即  $\text{MgSO}_4$  加入量不能大于 6.0 g/L。

表 3  $\text{MgSO}_4$  对真姬菇菌丝生长的影响

$\text{MgSO}_4$ 处理 /(g·L <sup>-1</sup> )	重复/cm			平均生长量 cm	差异显著性	
	1	2	3		0.05	0.01
1.5	4.65	4.70	4.85	4.73	a	A
0(CK)	4.65	4.75	4.74	4.71	a	A
3.0	4.70	4.40	4.50	4.53	a	A
4.5	3.60	4.50	5.05	4.38	a	AB
6.0	3.90	3.65	4.80	4.12	ab	AB
7.5	3.55	3.50	3.50	3.52	b	B

### 2.3 不同浓度的 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 对真姬菇菌丝生长的影响

表 4 表明, $\text{KH}_2\text{PO}_4$  加入量小于 3.0 g/L 对真姬菇菌丝生长具有显著的促进作用,菌丝生长明显高于对照,且它们之间差异不显著;当  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  加入量大于 3.0 g/L 与对照无差异,对真姬菇菌丝生长的作用不明显; $\text{KH}_2\text{PO}_4$  低浓度即小于 3.0 g/L 对真姬菇菌丝生长具有明显的促进作用, $\text{KH}_2\text{PO}_4$  加入量大于 3.0 g/L,促进作用不明显。 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  对真姬菇菌丝不敏感。

表 4  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  对真姬菇菌丝生长的影响

$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 处理 /(g·L <sup>-1</sup> )	重复/cm			平均生长量 cm	差异显著性	
	1	2	3		0.05	0.01
1.5	5.20	5.16	5.25	5.07	a	A
3.0	5.10	5.10	5.00	5.20	a	AB
0(CK)	4.65	4.75	4.74	4.71	b	B
6.0	4.5	4.55	4.75	4.60	b	B
4.5	4.95	4.75	4.10	4.60	b	B
7.5	4.65	4.65	4.50	4.60	b	B

### 2.4 不同浓度的 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 对真姬菇菌丝生长的影响

表 5 表明, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  加入量在 0.2~0.8 g/L 时,对真姬菇菌丝生长的作用不明显,与对照无差异,且它们之间差异不显著;大于 0.8 g/L  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  具有抑制作用。

表 5  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  对真姬菇菌丝生长的影响

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 处理 /(g·L <sup>-1</sup> )	重复/cm			平均生长量 cm	差异显著性	
	1	2	3		0.05	0.01
0.2	4.75	4.65	4.75	4.72	a	A
0(CK)	4.65	4.75	4.74	4.71	a	A
0.4	4.60	4.75	4.65	4.67	ab	A
0.6	4.25	4.35	5.10	4.57	ab	A
0.8	4.40	4.50	4.30	4.40	ab	A
1.0	4.45	4.10	4.40	4.32	b	A

### 2.5 正交实验

由表 6 可知,4 个因素中以  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  极差最大(值为 5.27),它对菌丝生长的影响最大, $\text{KH}_2\text{PO}_4$  对菌丝生长的影响最小。影响真姬菇菌丝生长因素的大小顺序是  $A > D > B > C$ ,即  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} > \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} > \text{MgSO}_4 > \text{KH}_2\text{PO}_4$ 。适宜真姬菇菌丝生长的矿质元素的最优组合为  $A_1 D_1 B_1 C_2$ ,即 0.25 g/L  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,0.25 g/L  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,1.5 g/L  $\text{MgSO}_4$ ,1.0 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 。

表 6  $L_9(3^4)$  正交实验结果

试验 编号	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /(g · L <sup>-1</sup> )	$\text{MgSO}_4$ /(g · L <sup>-1</sup> )	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ /(g · L <sup>-1</sup> )	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /(g · L <sup>-1</sup> )	菌丝生长 速度 /cm
	A	B	C	D	
1	1(0.25)	1(1.5)	1(0.5)	1(0.25)	5.50
2	1(0.25)	2(3.0)	2(1.0)	2(0.50)	5.08
3	1(0.25)	3(4.5)	3(1.5)	3(0.75)	5.22
4	2(0.50)	1(1.5)	2(1.0)	3(0.75)	5.06
5	2(0.50)	2(3.0)	3(1.5)	1(0.25)	5.00
6	2(0.50)	3(4.5)	1(0.5)	2(0.50)	4.38
7	3(0.75)	1(1.5)	3(1.5)	2(0.50)	4.71
8	3(0.75)	2(3.0)	1(0.5)	3(0.75)	4.81
9	3(0.75)	3(4.5)	2(1.0)	1(0.25)	4.81
K1	5.27	5.09	4.89	5.10	
K2	4.81	4.96	4.98	4.72	
K3	4.77	4.80	4.97	5.03	
R	0.50	0.29	0.09	0.38	
主次顺序 A>D>B>C					
优水平 A1 D1 B1 C2					
优组合 A <sub>1</sub> D <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>					

## 2.6 验证试验

试验以优化得到的最佳配方进行重复验证试验,5次重复,测得的真姬菇菌丝生长量分别为 5.51、5.58、5.43、5.53、5.56 cm,平均为 5.52 cm。试验值基本符合预测。证明最优配方具有科学性和稳定性。

## 3 结论与讨论

不同矿质元素对真姬菇菌丝生长的影响显著不同,0.2 g/L  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  对真姬菇菌丝生长有促进作用,但浓度高于 0.2 g/L,对菌丝生长具有明显的抑制作用,且随着浓度的增加,对菌丝的抑制作用增强,生产中一定要注意使用浓度,防止加入浓度过高抑制菌丝生长; $\text{KH}_2\text{PO}_4$  适宜的浓度为 1.5~3.0 g/L; $\text{MgSO}_4$  适宜真姬菇菌丝生长的浓度是 1.5 g/L,高于 7.5 g/L  $\text{MgSO}_4$

对真姬菇菌丝生长具有明显的抑制作用,且随着浓度的增加,抑制作用明显; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  对真姬菇菌丝生长作用不明显,但大于 0.8 g/L  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  即具有抑制作用,且随着浓度的增加,抑制作用明显。总之,低浓度矿质元素对真姬菇菌丝生长具有促进作用,高浓度矿质元素对真姬菇菌丝生长具有抑制作用。

在正交实验中,通过对 K 值和 R 值的分析,得到适宜真姬菇菌丝生长的矿质元素的最优组合为 A<sub>1</sub>D<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>,即:0.25 g/L  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,0.25 g/L  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,1.5 g/L  $\text{MgSO}_4$ ,1.0 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 。微量元素是食用菌细胞生长代谢微量需要的元素,有些甚至是必需元素而成为生长因子,对食用菌的生长发育具有重要的意义。添加或补充某些微量元素可达到增产目的。研究说明,真姬菇对矿质元素的利用存在差异,在实际生产中,采取适当添加某些微量元素以达到增产目的的设想是可行的,但要注意控制添加浓度,甚至还要考虑实施添加的具体方式与时机,因此,是否采取出菇前后的喷洒更为有益,值得探讨;另外,还应考虑食用菌对该元素的富集能力及其对人体食用毒性等问题。

## 参考文献

- [1] 卯晓岚. 中国经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [2] 孙培龙, 魏红福, 杨开, 等. 真姬菇研究进展[J]. 食品科技, 2005(9): 54-55.
- [3] 王萍, 师俊玲. 真姬菇液体培养用菌种及其营养因子筛选[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(3): 70-73.
- [4] 上官舟建. 真姬菇生物学特性及栽培技术研究[J]. 中国食用菌, 2004(1): 16-18.
- [5] 吴韶菊. 真姬菇母种培养基的筛选研究[J]. 北方园艺, 2010(5): 181-183.
- [6] 王迎鑫, 郭倩, 刘朝贵, 等. 真姬菇工厂化生产配方筛选研究[J]. 北方园艺, 2014(4): 129-131.

Effect of Different Mineral Elements on *Hypsizygus marmoreus* Mycelial Growth

LIANG Fei-lin<sup>1</sup>, WANG Zhi-jiang<sup>1</sup>, ZHANG Wen-bin<sup>2</sup>, LI Wen-de<sup>2</sup>

(1. College of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000; 2. Crops Extension Station of Zhangye, Zhangye, Gansu 734000)

**Abstract:** Taking *Hypsizygus marmoreus* as material, the effect of four kinds of mineral elements such as  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  on *Hypsizygus marmoreus* mycelial growth were determined by solid plate colony cross the intersection. The results showed that the mycelial growth was obviously inhibited when the  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  concentrations were greater than 0.2 g/L; the appropriate concentrations of  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  were between 1.5—3.0 g/L; the appropriate concentrations of  $\text{MgSO}_4$  were less than 1.5 g/L or higher than 7.5 g/L, and the *Hypsizygus marmoreus* growth were significantly inhibited; there were not obvious effect of  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  on *Hypsizygus marmoreus* growth, but the *Hypsizygus marmoreus* mycelial growth were inhibited when the  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  concentrations were greater than 0.8 g/L, and the inhibition was more and more significant with the increased concentration. At last, the optimal combination of mineral elements suited *Hypsizygus marmoreus* mycelial growth was 0.25 g/L  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.25 g/L  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1.5 g/L  $\text{MgSO}_4$ , 1.0 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

**Keywords:** mineral elements; *Hypsizygus marmoreus*; mycelial growth