

陆欢,徐宁,王春晖,等. 不同营养条件对花脸香蘑菌丝生长的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):113-117.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.028

# 不同营养条件对花脸香蘑菌丝生长的影响

陆欢,徐宁,王春晖,冯立国,邓召利,夏义良

(湖南省食用菌研究所,湖南长沙 410013)

**摘要:**研究花脸香蘑(*Lepista sordida*)菌丝平板培养最佳碳源、氮源和无机盐,得到优化配方。以花脸香蘑菌丝生长速度为指标,通过平板培养研究9种碳源、8种氮源及6种无机盐对花脸香蘑菌丝生长的影响,并用三元二次正交回归试验对花脸香蘑的培养基配方进行优化。结果表明,促进花脸香蘑菌丝生长的最佳碳源为蔗糖,最佳氮源为麸皮,最佳无机盐为 $MgSO_4$ ,培养7d后菌丝生长速率分别为2.29、1.88、1.64 mm/d;优化后的培养基配方为:马铃薯20%、琼脂2%、蔗糖3.06%、麸皮0.45%、 $MgSO_4$  0.02%。培养基中添加蔗糖、麸皮和 $MgSO_4$ 可促进花脸香蘑菌丝生长,并得到优化后的培养配方,为下一步研究提供了基础。

**关键词:**花脸香蘑;碳源;氮源;无机盐;生长速度

**中图分类号:**S646.1+10.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)19-0113-05

花脸香蘑 [*Lepista sordida* (Schumach.) Singer] 又名紫晶品蘑、丁香蘑、花脸蘑、紫花脸香蘑等,属担子菌门(Basidiomycotina)伞菌纲(Agaricomycetes)伞菌亚纲(Agaricomycetidae)伞菌目(Agaricales)口蘑科(Tricholomataceae)<sup>[1]</sup>,主要分布于亚洲(我国)、欧洲等地,我国主要分布在贵州、云南、黑龙江、辽宁、河北、河南、甘肃、青海、四川、新疆、山西、内蒙古和福建等地<sup>[2-5]</sup>。花脸香蘑气味浓香,色泽宜人,味道鲜美,是一种药食两用的珍稀真菌,其蛋

白质含量丰富,各种氨基酸比较齐全<sup>[6-8]</sup>,特别是钙、铁、胡萝卜素和烟酸含量丰富,还含有较多的微量元素如铜、锌、氟、碘等<sup>[9]</sup>,具有养血、益神、补肝和利五脏的功效,还含有多糖<sup>[10-14]</sup>、二萜<sup>[15]</sup>、抑菌物质<sup>[16-19]</sup>等生物活性成分,是香蘑属中具有很高开发价值的优良食用菌之一。

国内外学者对花脸香蘑研究已有几十年,但到目前为止,花脸香蘑人工栽培还处于小规模阶段,还无法大规模生产。目前关于花脸香蘑生物学特性和营养特性已有报道,但关于碳源、氮源和无机盐对菌丝生长速度的影响报道极少<sup>[20-23]</sup>。本研究探讨了不同碳源、氮源和无机盐对花脸香蘑菌丝生长速度的影响及菌丝生长最佳碳源、氮源和无机盐,还对培养基配方进行了优化,为花脸香蘑的进一步研究提供参考依据。

## 1 材料与方

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株 花脸香蘑菌株为湖南省食用菌研究所保

收稿日期:2019-02-11

基金项目:湖南省自然科学基金(编号:2019JJ50330);湖南省重点研发计划(编号:2018NK2025)。

作者简介:陆欢(1989—),女,湖南怀化人,硕士,助理研究员,主要从事食用菌保鲜与加工研究。E-mail:245450595@qq.com。

通信作者:徐宁,博士,助理研究员,主要从事食用菌保鲜与加工研究。E-mail:1050353232@qq.com。

表1 主要病虫害防治

物侯期	防治对象	防治方法
萌芽前(鳞片松动)	铲除越冬病虫害	架面、地面和树体喷45%晶体石硫合剂20倍液或5波美度石硫合剂
展叶初期	黑痘病	5%亚胺唑可湿性粉剂800倍液
新梢生长期(间隔7~10d)	灰霉病、黑痘病、绿盲蝽	50%啶菌环胺水分散粒剂1000倍液或者25%吡唑醚菌酯乳油2000倍液+65%代森锌可湿性粉剂500倍液+25%吡蚜酮1000倍液等
开花前至初花	灰霉病、黑痘病、白粉病、霜霉病、透翅蛾	250g/L戊唑醇水乳剂1500倍液+50%异菌脲可湿性粉剂1000倍液+25%醚菌酯悬浮剂2000倍液+10%联苯菊酯乳油3000倍液
落花后	灰霉病、白粉病、霜霉病、透翅蛾	42.4%唑醚·氟酰胺悬浮剂2000倍液+70%代森锰锌可湿性粉剂1000倍液+50%氟醚菌酰胺水分散粒剂4000倍液+10%高效氯氟菊酯乳油3000倍液
套袋前	白腐病、炭疽病、霜霉病	30%硅唑·咪鲜胺水乳剂1500倍液+23.4%双炔酰菌胺悬浮剂2000倍液+10%烯啶虫胺水剂2000倍液
浆果硬核至软花期(套袋后,间隔10~14d)	白腐病、炭疽病、霜霉病	交替使用1:1:250倍波尔多液或78%波尔·锰锌600倍液。发生霜霉病后交替使用50%烯酰吗啉水分散粒3000倍液或40%烯酰霜脲氨基悬浮剂2000倍液
采收后	霜霉病	使用1:1:250倍波尔多液或80%必备可溶性粉剂600倍液。发生霜霉病后交替使用72%霜脲·锰锌可湿性粉剂600倍液或68%精甲霜·锰锌水分散粒剂500倍液

藏菌株。

1.1.2 主要试剂和仪器 所有试剂均购自国药集团化学试剂有限公司,马铃薯、玉米粉、大豆粉和麸皮购自周边市场。试管、培养皿等玻璃仪器,购自泰州科健医疗用品有限公司;YXQOLS-75S II立式蒸汽灭菌锅,购自上海博迅实业有限公司医疗设备厂;SW-CJ-2F净化工作台,购自苏州净化设备有限公司;101-3AB电热鼓风干燥箱,购自天津市泰斯特仪器有限公司;智能生化培养箱,购自台湾斯特仪器设备有限公司。

1.1.3 培养基 基础培养基(1 L):马铃薯 200 g,琼脂 20 g。碳源试验培养基:在基础培养基中分别添加葡萄糖、半乳糖、木糖、甘露醇、蔗糖、麦芽糖、乳糖、果糖、甲基纤维素,添加量均为总量的 2%。氮源试验培养基:在基础培养基中分别添加硝酸钾、硝酸铵、尿素、蛋白胨、麦芽浸粉、玉米粉、大豆粉、麸皮,添加量均为总量的 0.5%。无机盐试验培养基:在基础培养基中分别添加  $\text{FeSO}_4$ 、 $\text{CuSO}_4$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{ZnSO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{NaCl}$ ,添加量均为总量的 0.05%。

## 1.2 试验方法

表 1 因素及水平编码

水平( $X_j$ )	因素		
	$x_1$ :碳源浓度(%)	$x_2$ :氮源浓度(%)	$x_3$ :无机盐浓度(%)
$r(x_{2j})$	6.000	0.600	0.060
$1(x_{0j} + \Delta_j)$	4.999	0.500	0.050
$0(x_{0j})$	3.500	0.350	0.035
$-1(x_{0j} - \Delta_j)$	2.001	0.200	0.002
$-r(x_{1j})$	1.000	0.100	0.010
$\Delta_j$	1.499	0.150	0.015
$X_j = (x_j - x_{0j})/\Delta_j$	$X_1 = 0.667x_1 - 2.335$	$X_2 = 6.667x_2 - 2.333$	$X_3 = 66.667x_3 - 2.333$

注: $r=1.668$ 。

以花脸香蘑菌丝生长速度为响应值  $Y$ ,拟合二次多项式方程

$$Y = b_0 + \sum_{j=1}^p b_j x_j + \sum_{h < j} b_{hj} x_h x_j + \sum_{j=1}^p b_{jj} x_j^2 \quad (1)$$

式中: $Y$ 为菌丝生长速度的预测值; $b_0$ 为常数项; $b_j$ 为一次项系数; $b_{hj}$ 为交互项系数; $b_{jj}$ 为二次项系数;多项式方程(1)的拟合性质由确定系数  $R^2$  检验,其统计学上的显著性由  $F$  值检验。

## 1.3 数据分析

试验数据采用 DPS 9.50 数据处理软件进行曲线拟合及统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同营养条件对花脸香蘑菌丝生长的影响

2.1.1 不同碳源对花脸香蘑菌丝生长的影响 由表 2 可知,花脸香蘑菌丝生长速度和长势在 9 种不同碳源培养基上表现有差异。在 0.05 水平上,以蔗糖为碳源生长最快,日均生长 2.29 mm;其次为淀粉和麦芽糖,日均生长分别为 2.06、1.95 mm;再次是甘露糖、甲基纤维素、白糖、葡萄糖、半乳糖;果糖最慢,日均生长仅为 0.97 mm,说明蔗糖与其他 8 种碳源培养基之间存在显著差异。从菌丝长势上来看,以蔗糖、半乳糖、白糖和葡萄糖为碳源的培养基上的菌丝生长得更浓密壮

1.2.1 不同营养条件对花脸香蘑菌丝生长的影响 将活化的花脸香蘑菌种于 PDA 培养基上 25 ℃ 培养 7 d,用打孔机取活化菌种块(菌块直径 5 mm)接于添加不同碳源、氮源和无机盐平板(平板直径 9 cm)中,于 25 ℃ 培养 5~7 d,用“十”字交叉法测定菌丝生长速度,观察菌丝长势,选择最适碳源、氮源和无机盐,每个处理 5 次重复。

1.2.2 不同营养浓度对花脸香蘑菌丝生长的影响 将活化的花脸香蘑菌块(菌块直径 5 mm)分别接种于不同浓度的最适碳源、氮源和无机盐的培养基中,碳源浓度(C)分别为 1%、2%、3%、4%、5%、6%,氮源浓度(N)分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%,无机盐浓度(I)分别为 0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05%、0.06%,其他同“1.2.1”节。

1.2.3 花脸香蘑培养基优化 在“1.2.1”和“1.2.2”节试验基础上,对花脸香蘑培养基进行优化,即以马铃薯 20%、琼脂 2% 为基础添加上述试验得到的最适碳源、氮源和无机盐,采用三元二次正交回归设计对这 3 个因素进行组合研究,建立碳源、氮源、无机盐与花脸香蘑菌丝生长速度之间的二次多项式回归方程,寻找最优的配方。试验因素水平及编码见表 1。

实,菌丝颜色呈浅紫色。综合生长速度和菌丝长势,花脸香蘑菌丝生长的最佳碳源是蔗糖,说明花脸香蘑更容易吸收利用双糖。

表 2 不同碳源对花脸香蘑菌丝生长的影响

碳源	菌丝生长速度(mm/d)	菌丝长势
白糖	1.72cB	菌丝浅紫、浓密、健壮
葡萄糖	1.54dC	菌丝浅紫、浓密、健壮
麦芽糖	1.95bB	菌丝浅紫、较疏、健壮
果糖	0.97eB	菌丝浅紫、较疏
甘露糖	1.80cB	菌丝浅紫、较疏、健壮
甲基纤维素	1.79cB	菌丝浅紫、较疏、健壮
半乳糖	1.41dD	菌丝浅紫、浓密、健壮
淀粉	2.06bA	菌丝浅紫、较疏、健壮
蔗糖	2.29aA	菌丝浅紫、较密、健壮
CK	1.68cB	菌丝浅紫、浓密、健壮

注: $n=5$ 。同列数据后不同小写、大写字母分别表示在 0.05、0.01 水平差异显著。表 3、表 4 同。

2.1.2 不同氮源对花脸香蘑菌丝生长的影响 由表 3 可知,花脸香蘑菌丝生长速度和长势在 8 种不同氮源培养基上表现有差异。在 0.05 水平上,以麸皮为氮源生长最快,日均生长 1.88 mm;其次为蛋白胨和麦芽浸粉,日均生长分别为 1.65、1.56 mm;再次是玉米粉、大豆粉、 $\text{KNO}_3$ 、尿素、 $\text{NH}_4\text{Cl}$  最慢,菌丝未生长,说明麸皮与其他 7 种氮源培养基之间存在显著差

异。从菌丝长势上来看,菌丝颜色呈浅紫色,除尿素和  $\text{NH}_3\text{Cl}$  为氮源的培养基之外,其余6种培养基的菌丝生长得较浓密。综合生长速度和菌丝长势,花脸香蘑菌丝生长的最佳氮源是麸皮。

表3 不同氮源对花脸香蘑菌丝生长的影响

氮源	菌丝生长速度 (mm/d)	菌丝长势
大豆粉	1.39cB	菌丝浅紫、浓密、健壮
玉米粉	1.47cB	菌丝浅紫、浓密、健壮
麸皮	1.88aA	菌丝浅紫、浓密、健壮
蛋白胨	1.65bB	菌丝浅紫、浓密、健壮
麦芽浸粉	1.56bcB	菌丝浅紫、浓密、健壮
$\text{KNO}_3$	1.19dC	菌丝浅紫、浓密、健壮
$\text{NH}_3\text{Cl}$	—	未长出
尿素	0.33eD	菌丝浅紫、较疏、健壮
CK	1.43cB	菌丝浅紫、浓密、健壮

2.1.3 不同无机盐对花脸香蘑菌丝生长的影响 由表4可知,花脸香蘑菌丝生长速度和长势在6种不同无机盐培养基上表现有差异。在0.05水平上,以  $\text{MgSO}_4$  为无机盐生长最快,日均生长1.64 mm;其次为  $\text{NaCl}$  和  $\text{CaSO}_4$ ,日均生长分别为1.58、1.42 mm;再次是  $\text{FeSO}_4$ 、 $\text{ZnSO}_4$ 、 $\text{CuSO}_4$  最慢,日均生长仅为0.81 mm,说明  $\text{MgSO}_4$  与其他5种无机盐培养基之间存在差异。从菌丝长势上来看,菌丝颜色呈浅紫色,除  $\text{CuSO}_4$  为无机盐培养基之外,其余5种培养基的菌丝生长得较浓密。综合生长速度和菌丝长势,花脸香蘑菌丝生长的最佳无机盐是  $\text{MgSO}_4$ 。

表4 不同无机盐对花脸香蘑菌丝生长的影响

无机盐	菌丝生长速度 (mm/d)	菌丝长势
$\text{MgSO}_4$	1.64aA	菌丝浅紫、浓密、健壮
$\text{CuSO}_4$	0.81dD	菌丝浅紫、较疏
$\text{FeSO}_4$	1.33cC	菌丝浅紫、浓密、健壮
$\text{ZnSO}_4$	1.24cC	菌丝浅紫、浓密、健壮
$\text{CaSO}_4$	1.42bcBC	菌丝浅紫、浓密、健壮
$\text{NaCl}$	1.58aA	菌丝浅紫、浓密、健壮
CK	1.47bB	菌丝浅紫、浓密、健壮

2.2 不同营养浓度对花脸香蘑菌丝生长的影响

2.2.1 不同碳源浓度对花脸香蘑菌丝生长的影响 对菌丝生长速度 ( $Y_c$ ) 与碳源浓度 ( $C$ ) 2个变量进行回归分析,得到方程:

$$Y_c = -0.075C^2 + 0.265C + 2.208. \quad (2)$$

式中:  $R^2 = 0.706, F = 623.859, P = 0.030 < 0.05$ ,说明模型与实测值拟合较好,菌丝生长速度与碳源浓度达到显著相关水平。由回归方程(2)预测值和试验实测值得到的结果如图1所示,结果表明,在碳源浓度为1%~3%之间,菌丝生长速度随着浓度增加而加快;浓度>3%后菌丝生长速度随着浓度增加而减慢。

2.2.2 不同氮源浓度对花脸香蘑菌丝生长的影响 对菌丝生长速度 ( $Y_N$ ) 与氮源浓度 ( $N$ ) 2个变量进行回归分析,得到方程:

$$Y_N = 31.046N^2 - 5.069N + 2.345. \quad (3)$$

式中:  $R^2 = 0.988, F = 2769.159, P = 0.014 < 0.05$ ,说明模型与实测值拟合较好,菌丝生长速度与氮源浓度达到显著相关

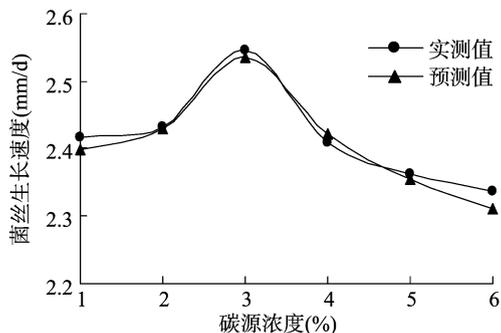


图1 不同碳源浓度对花脸香蘑菌丝生长的影响

水平。由回归方程(3)预测值和试验实测值得到的结果如图2所示,结果表明,在氮源浓度为0.1%~0.5%之间,菌丝生长速度随着浓度增加而加快;当氮源浓度>0.5%时,随着氮源浓度增加,菌丝生长速度呈下降趋势。

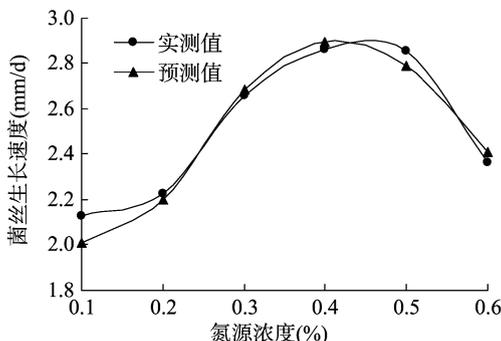


图2 不同氮源浓度对花脸香蘑菌丝生长的影响

2.2.3 不同无机盐浓度对花脸香蘑菌丝生长的影响 对菌丝生长速度 ( $Y_1$ ) 与无机盐浓度 ( $I$ ) 2个变量进行回归分析,得到方程:

$$Y_1 = 905.400I^2 - 14.150I + 1.891. \quad (4)$$

式中:  $R^2 = 0.997, F = 5.042, P = 0.021 < 0.05$ ,说明模型与实测值拟合较好,菌丝生长速度与无机盐浓度达到显著相关水平。由回归方程(4)预测值和试验实测值得到的结果如图3所示,结果表明,在无机盐浓度为0.01%~0.05%之间,菌丝生长速度随着浓度增加而加快;当无机盐浓度>0.05%时,菌丝生长速度随着无机盐浓度增加而减慢。

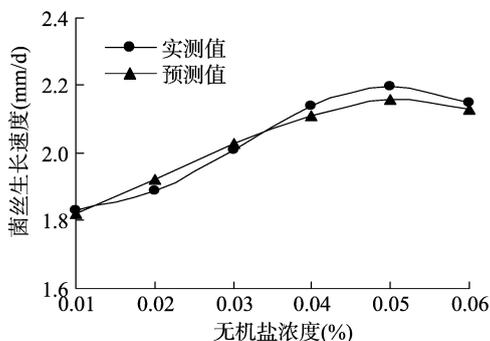


图3 不同无机盐浓度对花脸香蘑菌丝生长的影响

2.3 花脸香蘑培养基优化

选用蔗糖作为碳源 ( $X_1$ )、麸皮作为氮源 ( $X_2$ )、 $\text{MgSO}_4$  作为无机盐 ( $X_3$ ),按三元二次正交回归设计安排试验,实施方案及试验结果见表5。

表5 三元二次正交回归设计方案及结果

编号	水平			浓度(g/mL)			菌丝生长速度(mm/d)	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	实测值	预测值
1	1	1	1	4.999	0.500	0.050	2.230	2.270
2	1	1	-1	4.999	0.500	0.002	2.410	2.469
3	1	-1	1	4.999	0.200	0.050	2.130	2.176
4	1	-1	-1	4.999	0.200	0.002	2.220	2.173
5	-1	1	1	2.001	0.500	0.050	2.330	2.362
6	-1	1	-1	2.001	0.500	0.002	2.520	2.466
7	-1	-1	1	2.001	0.200	0.050	2.310	2.198
8	-1	-1	-1	2.001	0.200	0.002	2.110	2.100
9	-1.668	0	0	1.000	0.350	0.035	2.040	2.121
10	1.668	0	0	6.000	0.350	0.035	2.140	2.076
11	0	-1.668	0	3.500	0.100	0.035	2.020	2.088
12	0	1.668	0	3.500	0.600	0.035	2.460	2.408
13	0	0	-1.668	3.500	0.350	0.010	2.310	2.390
14	0	0	1.668	3.500	0.350	0.060	2.410	2.419
15	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.370	2.347
16	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.440	2.347
17	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.380	2.347
18	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.250	2.347
19	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.370	2.347
20	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.280	2.347
21	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.340	2.347
22	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.390	2.347
23	0	0	0	3.500	0.350	0.035	2.380	2.347

对3个因素不同处理与花脸香蘑菇菌丝生长速度进行二次多项式回归拟合,得到回归方程(5):

$$Y = 1.216 + 0.320X_1 + 2.512X_2 + 1.437X_3 - 0.040X_1^2 - 1.582X_2^2 + 90.893X_3^2 - 0.078X_1X_2 - 0.657X_1X_3 - 14.063X_2X_3. \quad (5)$$

对3个因素不同处理与花脸香蘑菇菌丝生长速度进行分析,得到复相关系数  $R = 0.898$ , 确定系数  $R^2 = 0.806$ ,  $F$  值 = 5.990,  $P = 0.002 < 0.05$ , 说明该回归方程能较好地拟合不同因素对花脸香蘑菇菌丝生长速度的影响。剩余标准差  $S = 0.077$ , 调整后的复相关系数  $R_a = 0.819$ , Durbin - Watson 统计量  $d = 2.245$ , 接近于 2。

### 2.3.1 各单因素对花脸香蘑菇菌丝生长速度的独立效应分析

根据回归方程(5)可知,当碳源、氮源、无机盐3个因素中只存在1个因素,其他因素为0时,3个因素对花脸香蘑菇菌丝生长速度的影响差异明显。从  $x$  轴归一化  $x-y$  图(图4)可以看出,碳源浓度对花脸香蘑菇菌丝生长速度的影响曲线呈类似开口朝下的抛物线,在开始出现一定的增加,随着浓度的增加出现下降趋势;氮源浓度对花脸香蘑菇菌丝生长速度的影响最大,随着浓度的增加影响曲线呈近直线增加趋势;无机盐浓度对花脸香蘑菇菌丝生长速度的影响虽最小,但随着浓度的增加影响曲线呈增加趋势。

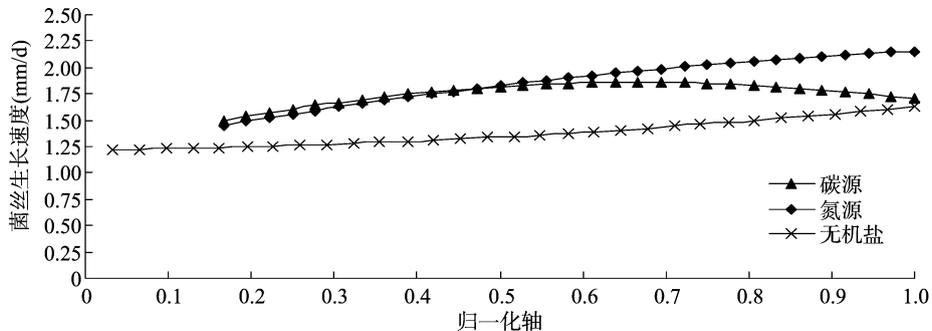


图4 不同因素对花脸香蘑菇菌丝生长速度的影响

### 2.3.2 各单因素对花脸香蘑菇菌丝生长速度的交互效应分析

将其他因素固定为0水平,对方程(5)进行降维分析,得到各单因素对花脸香蘑菇菌丝生长速度的交互作用回归子模型:

$$Y_1 = 1.216 + 0.320X_1 - 0.040X_1^2; \quad (6)$$

$$Y_2 = 1.216 + 2.512X_2 - 1.582X_2^2; \quad (7)$$

$$Y_3 = 1.216 + 1.437X_3 + 90.893X_3^2. \quad (8)$$

根据方程(6)至(8)可得到每个因素对花脸香蘑菌丝生长速度的交互作用曲线图(图5)。结果表明,无机盐对花脸香蘑菌丝生长速度的效应曲线是一条开口向上的抛物线,碳源浓度和氮源浓度对花脸香蘑菌丝生长速度的效应曲线近似直线。碳源浓度和氮源浓度一直为正交互作用,两者与无机盐浓度在<0编码前为负交互作用,在>0编码后为正交互作用。根据分析结果对模型进行优化,经分析可知,当培养基添加3.06%蔗糖、0.45%麸皮、0.02%  $MgSO_4$ 时,菌丝生长速度最快,达到2.604 mm/d。

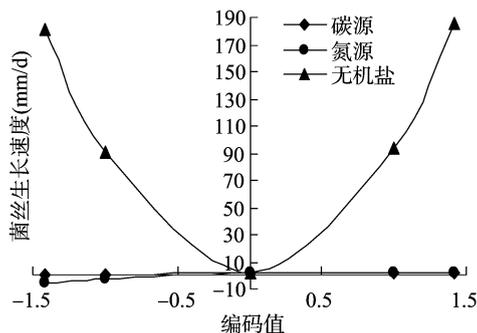


图5 交互作用曲线

### 3 结论

碳源、氮源和无机盐都是花脸香蘑生长所需的营养因子,筛选合适的营养因子可为花脸香蘑的菌种质量提供保障,提高后续生产产量。在9种供试碳源中,花脸香蘑对单糖、双糖及多糖都能利用,说明培养花脸香蘑时可利用的碳源较广,其中以蔗糖为碳源时菌丝生长最好,淀粉和麦芽糖对花脸香蘑菌丝生长影响次之,但对单糖的利用效果不佳,且当蔗糖浓度为2%~3%范围时,菌丝生长速度较快。在供试的9种氮源中,花脸香蘑对有机氮源、无机氮源均能利用,从菌丝生长速度和菌丝生长情况可知,有机氮源优于无机氮源,原因可能是有机氮源含有更丰富的生长因子,可满足菌丝生长不同阶段的不同需求及促进新陈代谢刺激生长,而无机氮源营养成分单一,难以满足菌丝生长需要,其中以麸皮为氮源时菌丝生长最好,蛋白胨次之,且当麸皮浓度为0.2%~0.5%范围时,菌丝生长速度较快。在供试6种无机盐中,花脸香蘑对1价、2价无机离子都可以利用,其中以 $MgSO_4$ 为无机盐时菌丝生长最好,NaCl次之。且当 $MgSO_4$ 浓度为0.01%~0.05%范围时,菌丝生长速度较快。本试验确定了花脸香蘑菌丝生长最适碳源为蔗糖、最适氮源为麸皮、最适无机盐为 $MgSO_4$ ,优化后的培养基配方为马铃薯20%、琼脂2%、蔗糖3.06%、麸皮0.45%、 $MgSO_4$ 0.02%。本试验只是针对单因子的碳源、氮源和无机盐进行了分析,未对碳源、氮源和无机盐进行复合组合优化,何种组合可满足花脸香蘑菌丝生长的营养需求,还须进一步研究。

### 参考文献:

[1] 黄年来,林志彬,陈国良,等. 中国食药菌学[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,2010:764-769.  
[2] 谢福泉,胡七金. 野生优良食药菌花脸香蘑的研究进展[J].

菌物研究,2005,3(4):52-56.

- [3] Harmaja H. Notes on *Clitocybes lato* (Agaricales) [J]. Annales Botanici Fennici,2003,40(3):213-218.  
[4] Stott K, Desmerger C, Holford P. Relationship among *Lepista species* determined by CAPS and RAPD [J]. Mycological Research, 2005, 109(2):205-211.  
[5] 周峰,王瑞娟,李玉,等. 珍稀食药菌紫丁香蘑的研究进展[J]. 食用菌学报,2010,17(4):79-83.  
[6] 胡先运,江家志,罗心毅. 花脸香蘑子实体蛋白质营养评价[J]. 氨基酸和生物资源,2011,33(4):55-57.  
[7] 胡先运,李香莉,张勇民,等. 花脸香蘑菌丝体氨基酸分析[J]. 氨基酸和生物资源,2007,29(1):51-52.  
[8] 罗心毅,洪江,张勇民. 人工栽培花脸香蘑氨基酸研究[J]. 氨基酸和生物资源,2003,25(3):14-15.  
[9] 罗心毅,洪江,张勇民. 花脸香蘑元素测定[J]. 中国食用菌, 2003,22(4):43-44.  
[10] 胡先运,张文娟,罗心毅,等. 花脸香蘑海藻糖多糖及营养成分分析[J]. 食用菌,2011(6):60-62.  
[11] 孟玲,黄芳,赵晨,等. 花脸香蘑发酵全液多糖提取条件的研究[J]. 食用菌学报,2009,16(4):61-63.  
[12] Miao S S, Mao X H, Pei R, et al. *Lepista sordida* polysaccharide induces apoptosis of Hep-2 cancer cells via mitochondrial pathway [J]. International Journal of Biological Macromolecules,2013(61): 97-101.  
[13] Miao S S, Mao X H, Pei R, et al. Antitumor activity of polysaccharides from *Lepista sordida* against laryngocarcinoma *in vitro* and *in vivo* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013(60):235-240.  
[14] Luo Q, Sun Q, Wu L S, et al. Structural characterization of an immunoregulatory polysaccharide from the fruiting bodies of *Lepista sordida* [J]. Carbohydrate Polymers,2012,88(3):820-824.  
[15] Mazur X, Becker U, Anke T, et al. Two new bioactive diterpenes from *Lepista sordida* [J]. Phytochemistry,1996,43(2):405-407.  
[16] Zhong W Q, Liu N, Xie Y G, et al. Antioxidant and anti-aging activities of mycelial polysaccharides from *Lepista sordida* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013(60): 355-359.  
[17] 陈湘莲,李泰辉,沈亚恒. 花脸香蘑发酵物的体外抗氧化及抗肿瘤活性研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(14):8276-8278.  
[18] 陈湘莲,曾宏彬,李泰辉. 花脸香蘑菌丝体提取物的体外抗氧化活性[J]. 微生物学通报,2011,38(6):958-963.  
[19] 刘艳如,李小明,李军进,等. 花脸香蘑对水稻细条病的抑制活性研究初报[J]. 中国农学通报,2012,28(12):202-205.  
[20] 伦志明,池玉杰. 碳源和氮源对人工栽培花脸香蘑菌丝生长及多糖含量的影响[J]. 安徽农业科学,2014,42(11):3195-3198.  
[21] 谢福泉,林远崇,蒋陈军,等. 野生花脸香蘑人工控制条件栽培技术初探[J]. 菌物研究,2007,5(2):89-92.  
[22] 彭卫红,王勇,甘炳成,等. 野生珍稀食药菌花脸香蘑菌丝体培养研究[J]. 西南农业学报,2004,17(4):515-517.  
[23] Terashima Y, Fujiie A. Comparison of conditions for mycelial growth of *Lepista sordida* causing fairy rings on *Zoysia matrella* turf to those on *Agrostis palustris* turf [J]. Mycoscience, 2007, 48(6):365-372.