

DOI:CNKI:61-1390/S.20120223.1724.011

网络出版时间:2012-02-23 17:24

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120223.1724.011.html>

无机盐、维生素及生长调节剂对 斑玉蕈菌丝生长的影响

吴秀珍^a, 王秋玲^a, 杜双田^a, 樊玉萍^b, 方尚瑜^a

(西北农林科技大学 ^a 生命科学学院, ^b 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] **【目的】**寻找对斑玉蕈菌丝生长有促进作用的无机盐、维生素及植物生长调节剂,为斑玉蕈液体菌种的进一步开发与利用提供参考。**【方法】**以斑玉蕈菌株 HM-2 为材料,向培养基中加入不同种类及质量浓度的无机盐、维生素和植物生长调节剂,于(23±1)℃、空气相对湿度 70%~75% 的条件下培养 12 d 后测定菌落直径,研究上述物质对斑玉蕈菌丝生长的影响。**【结果】**与不添加任何无机盐的培养基相比,0.5~2.0 g/L 的 MgSO₄、NaCl 和 KCl 对斑玉蕈菌丝生长均有一定的促进作用,且均以 1.5 g/L 时促进作用最大,菌落直径分别达到 81.04、78.93 和 80.29 mm;而 0.5~2.0 g/L 的 CaCl₂、KH₂PO₄ 和 0.01~0.04 g/L 的 ZnSO₄ 对斑玉蕈菌丝的生长具有不同程度的抑制作用。与不添加任何维生素的培养基相比,2.0~10.0 mg/L 的烟酸、叶酸、V_{B1} 和 V_{B2} 对斑玉蕈菌丝生长均有一定的促进作用,以 2.0 mg/L 叶酸的促进作用最大,菌落直径达到 67.76 mm;而 2.0~10.0 mg/L 的 V_{B6} 对斑玉蕈菌丝生长无明显的促进和抑制作用。与不添加任何植物生长调节剂的培养基相比,2.0~10.0 mg/L 的 IBA、GA₃ 和 NAA 对斑玉蕈菌丝生长均有极显著的促进作用,以 2.0 mg/L IBA 的促进作用最大,菌落直径达到 69.33 mm;而 2.0~10.0 mg/L 的 KT 与 6-BA 对斑玉蕈菌丝生长的促进作用相对较弱。**【结论】**在培养基中添加适量的 MgSO₄、NaCl、KCl、烟酸、叶酸、V_{B1}、V_{B2}、IBA、GA₃ 和 NAA,可促进斑玉蕈菌丝的生长。

[关键词] 斑玉蕈;无机盐;维生素;植物生长调节剂

[中图分类号] S646.1⁺90.4⁺7

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)03-0158-05

Effect of several different inorganic salts, vitamins and plant hormones on the mycelial growth of *Hypsizygus marmoreus* (Peck) Bigelow

WU Xiu-zhen^a, WANG Qiu-ling^a, DU Shuang-tian^a,
FAN Yu-ping^b, FANG Shang-yu^a

(^a College of Life Sciences, ^b College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】**The research was made to look for several different kinds of inorganic salts, vitamins and plant hormones which have definite promotion on the mycelial growth of *Hypsizygus marmoreus* (Peck) Bigelow, in order to provide reference information for development and application of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow liquid cultivation. **【Method】***H. marmoreus* (Peck) Bigelow HM-2 was taken as test material, which was cultivated in culture mediums with different kinds of inorganic salts, vitamins and plant hormones under the temperature of (23±1)℃, RH 70%—75%, and then the colony sizes of the different culture mediums were measured after twelve days to research the effect of different kinds of inorgan-

* [收稿日期] 2011-10-08

[基金项目] 陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项(2010ZDKG-72)

[作者简介] 吴秀珍(1986—),女,山东济宁人,在读硕士,主要从事微生物资源与利用研究。E-mail: wuxiuzhen0910@163.com

[通信作者] 杜双田(1961—),男,陕西扶风人,副教授,主要从事食用与药用真菌研究。E-mail: dst6107@126.com

ic salts, vitamins and plant hormones with different concentrations on the growth of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow mycelium. 【Result】 Compared with no inorganic salts applicated culture mediums, 0.5—2.0 g/L magnesium sulfate, sodium chloride and potassium chloride have definite promotion on the mycelium growth of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow, the biggest colony size of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow is 81.04 mm, 78.93 mm and 80.29 mm respectively in the concentration of 1.5 g/L, but 0.5—2.0 g/L calcium chloride, potassium dihydrogen phosphate and 0.01—0.04 g/L zinc sulfate have different degrees of inhibition on the mycelium growth of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow. Compared with no vitamins applicated culture mediums, 2.0—10.0 mg/L Nicotinic acid, folic acid, V_{B1} and V_{B2} promote the mycelium growth of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow, the biggest colony size of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow is 67.76 mm in the folic acid concentration of 2.0 mg/L, but V_{B6} has neither promotion nor inhibition on the mycelium growth of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow. Compared with no plant hromones applicated culture mediums, 2.0—10.0 mg/L IBA, GA_3 and NAA of plant hormones have prominent promotion on the mycelium growth of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow, the biggest colony size of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow is 69.33 mm in the IBA concentration of 2.0 mg/L, but 2.0—10.0 mg/L KT and 6-BA have less effect on the mycelium growth of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow in comparion to the other plant hormones. 【Conclusion】 Adding moderate concentrations of magnesium sulfate, sodium chloride, potassium chloride, nicotinic acid, folic acid, V_{B1} , V_{B2} , IBA, GA_3 and NAA could enhance the mycelium growth of *H. marmoreus* (Peck) Bigelow.

Key words: *Hypsizigus marmoreus* (Peck) Bigelow; inorganic salts; vitamins; plant hormones

斑玉蕈 (*Hypsizigus marmoreus* (Peck) Bigelow) 隶属担子菌亚门 (Basidiomycotina)、层菌纲 (Hymenomycetes)、伞菌目 (Agaricales)、白蘑科 (Tricholomataceae)、玉蕈属 (*Hypsizygyus*), 又名玉蕈、真姬菇、蟹味菇、胶玉蘑、鸿喜菇等, 是一种大型木质腐生真菌^[1]。斑玉蕈的子实体形态美观, 肉质细腻, 口感滑脆, 具有独特的蟹香味, 在日本有“香在松口蘑, 味在玉蕈”之称^[2], 而且其还具有提高机体免疫功能及抗肿瘤的作用^[3]。

目前, 关于斑玉蕈碳源、氮源和无机盐等营养生理方面^[4-5]的研究已有报道, 认为 Zn、Fe、Mn、Mo 等微量元素以及硫胺素、生物素等维生素对斑玉蕈菌丝生长具有重要作用。但尚未见到关于大量元素、其他一些重要的维生素以及植物生长调节剂等对斑玉蕈菌丝生长影响的相关报道。为此, 本试验研究了不同种类及质量浓度的无机盐、维生素和植物生长调节剂对斑玉蕈菌丝生长的影响, 以期对斑玉蕈液体菌种的进一步开发与利用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 菌 株

供试斑玉蕈菌种由西北农林科技大学生命科学学院提供, 菌株编号为 HM-2。

1.2 培养基

1) 基础培养基。马铃薯 200 g (去皮), 葡萄糖

20 g, 蛋白胨 2 g, 磷酸二氢钾 1 g, 硫酸镁 0.5 g, V_{B1} 0.01 g, 琼脂粉 12 g, 蒸馏水 1 000 mL。

2) 无机盐试验培养基。葡萄糖 20 g, 蛋白胨 2 g, 琼脂粉 12 g, 去离子水 1 000 mL。

3) 维生素试验培养基。葡萄糖 20 g, 硝酸钠 2 g, 琼脂粉 12 g, 蒸馏水 1 000 mL。

4) 植物生长调节剂试验培养基。葡萄糖 20 g, 蛋白胨 2 g, 琼脂粉 12 g, 蒸馏水 1 000 mL。

1.3 试验方法

将保藏的斑玉蕈菌株 HM-2 在基础培养基上活化 2 次后, 转接于培养皿中, 待菌丝长满后备用。

试验以不同培养基上的菌落直径为指标, 研究供试物质对斑玉蕈菌丝生长的影响。所有试验采用直径为 90 mm 的培养皿, 培养基用量为 20 mL/皿, 每个皿的接种量为直径 6 mm 的菌饼 1 块, 培养温度 (23±1) °C, 空气相对湿度 70%~75%, 48 h 时标记每皿的菌落直径, 以后每隔 2 d 标记 1 次, 12 d 后统一测量每次标记的菌落直径。无机盐、维生素及植物生长调节剂的质量浓度由预试验结果确定。每个处理重复 3 次。

1.3.1 不同无机盐对斑玉蕈菌丝生长的影响 在无机盐试验培养基中分别加入质量浓度为 0, 0.5, 1.0, 1.5 和 2.0 g/L 的 $MgSO_4$ 、KCl、 $CaCl_2$ 、 KH_2PO_4 、NaCl 以及 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 g/L 的 $ZnSO_4$, 研究不同无机盐对斑玉蕈菌丝生长的影响。

1.3.2 不同维生素对斑玉蕈菌丝生长的影响 在维生素试验培养基中分别加入质量浓度为 0,2.0,4.0,6.0,8.0 和 10.0 mg/L 的 V_{B1} 、 V_{B2} 、 V_{B6} 、烟酸、叶酸,添加维生素时采用孔径 0.22 μm 的细菌过滤器除菌,研究不同维生素对斑玉蕈菌丝生长的影响。

1.3.3 不同植物生长调节剂对斑玉蕈菌丝生长的影响 在植物生长调节剂试验培养基中分别加入质量浓度为 0,2.0,4.0,6.0,8.0 和 10.0 mg/L 的萘乙酸(NAA)、激动素(KT)、6-苄氨基嘌呤(6-BA)、吲哚丁酸(IBA)、赤霉素(GA_3),添加 GA_3 时采用孔径 0.22 μm 的细菌过滤器除菌,研究不同植物生长调节剂对斑玉蕈菌丝生长的影响。

1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 统计软件进行分析。

表 1 无机盐对斑玉蕈菌丝生长的影响

Table 1 Effect of inorganic salts on the mycelial growth of *H. marmoreus* (Peck)Bigelow

质量浓度/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) Concentration	菌落直径/mm Diameter of colony				
	MgSO_4	KH_2PO_4	NaCl	CaCl_2	KCl
0(CK)	74.86±0.16 Ab	74.86±0.16 Aa	74.86±0.16 ABab	74.86±0.16 Aa	74.86±0.16 Ab
0.5	78.55±0.14 Aab	70.77±0.49 ABb	74.93±0.17 ABab	72.86±0.18 ABa	76.38±0.15 Aab
1.0	78.89±0.20 Aab	71.38±0.40 ABb	76.64±0.18 ABab	71.75±0.12 ABa	77.56±0.18 Aab
1.5	81.04±0.14 Aa	71.61±0.49 ABb	78.93±0.19 Aa	71.66±0.17 ABa	80.29±0.19 Aa
2.0	75.72±0.14 Ab	68.97±0.34 Bb	71.18±0.18 Bb	66.51±0.21 Bb	75.66±0.18 Ab

注:同列数据后标不同大写字母者差异极显著($P<0.01$),标不同小写字母者差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note:The data in the same column followed by the different majuscule letters indicate there is significant difference at $P<0.01$,the data in the same column followed by the different lowercase letters indicate there is significant difference at $P<0.05$. The same bellow.

2.2 不同维生素对斑玉蕈菌丝生长的影响

表 2 显示,与不添加任何维生素的培养基相比,2.0~10.0 mg/L 的叶酸、烟酸、 V_{B1} 和 V_{B2} 对斑玉蕈菌丝生长均有一定的促进作用,其中以 2.0 mg/L 叶酸的促进作用最大,菌落直径达到 67.76 mm。

表 2 维生素对斑玉蕈菌丝生长的影响

Table 2 Effect of vitamins on the mycelial growth of *H. marmoreus* (Peck)Bigelow

质量浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) Concentration	菌落直径/mm Diameter of colony				
	叶酸	烟酸	V_{B1}	V_{B2}	V_{B6}
0(CK)	59.13±0.10 Bc	59.13±0.10 Ec	59.13±0.10 Bb	59.13±0.10 Abc	59.13±0.10 Aa
2.0	67.76±0.19 Aa	64.87±0.13 BCb	59.49±0.13 Bb	60.92±0.24 Aabc	59.66±0.13 Aa
4.0	67.36±0.15 Aab	66.73±0.11 ABa	59.83±0.16 ABb	61.25±0.22 Aab	59.32±0.12 Aa
6.0	67.21±0.15 Aab	67.44±0.12 ABa	60.13±0.24 ABb	63.44±0.16 Aa	59.13±0.14 Aa
8.0	65.29±0.23 Aab	62.67±0.18 CDb	60.78±0.17 ABb	59.85±0.16 Abc	59.13±0.13 Aa
10.0	63.35±0.21 ABb	59.87±0.20 DEc	61.24±0.19 Aa	59.20±0.17 Abc	59.13±0.14 Aa

2.3 不同植物生长调节剂对斑玉蕈菌丝生长的影响

表 3 显示,与不添加任何植物生长调节剂的培养基相比,2.0~10.0 mg/L 的 IBA、 GA_3 和 NAA 对斑玉蕈菌丝生长均有极显著($P<0.01$)促进作

2 结果与分析

2.1 不同无机盐对斑玉蕈菌丝生长的影响

表 1 显示,0.5~2.0 g/L 的 MgSO_4 、NaCl 和 KCl 对斑玉蕈菌丝生长均有一定的促进作用,且均以 1.5 g/L 时的促进作用最大,菌落直径分别达到 81.04,78.93 和 80.29 mm;其中 1.5 g/L 的 MgSO_4 和 KCl 对斑玉蕈菌丝生长有显著($P<0.05$)促进作用。而 0.5~2.0 g/L 的 CaCl_2 、 KH_2PO_4 和 0.01~0.04 g/L 的 ZnSO_4 对斑玉蕈菌丝生长均有一定的抑制作用;方差分析结果表明, KH_2PO_4 、 ZnSO_4 各质量浓度及 2.0 g/L CaCl_2 对菌丝生长有显著($P<0.05$)抑制作用。

方差分析结果表明,2.0~8.0 mg/L 的叶酸和烟酸对菌丝生长有极显著($P<0.01$)促进作用,10.0 mg/L V_{B1} 和 6.0 mg/L V_{B2} 对菌丝生长有显著($P<0.05$)促进作用,而 2.0~10.0 mg/L 的 V_{B6} 对斑玉蕈菌丝生长无明显的促进和抑制作用。

用,其中以 2.0 mg/L IBA 的促进作用最大,菌落直径达到 69.33 mm。而 2.0~10.0 mg/L 的 KT 与 6-BA 对斑玉蕈菌丝生长的促进作用相对较弱;方差分析结果表明,6.0,8.0 mg/L 的 KT 和 6.0 mg/L 的 6-BA 对菌丝生长的促进作用达极显著水平($P<$

0.01),其他质量浓度的 KT 和 6-BA 则无显著促进作用。

表 3 植物生长调节剂对斑玉蕈菌丝生长的影响

Table 3 Effect of plant hormones on the mycelial growth of *H. marmoreus* (Peck)Bigelow

质量浓度/ (mg·L ⁻¹) Concentration	菌落直径/mm Diameter of colony				
	IBA	GA ₃	NAA	KT	6-BA
0(CK)	60.85±0.09 Cc	60.85±0.09 Bb	60.85±0.09 Bb	60.85±0.09 Bb	60.85±0.09 Bb
2.0	69.33±0.21 Aa	68.46±0.20 Aa	68.79±0.23 Aa	63.42±0.23 ABab	64.03±0.25 ABab
4.0	68.06±0.17 ABa	68.78±0.22 Aa	69.02±0.17 Aa	64.52±0.22 ABab	64.22±0.22 ABab
6.0	66.71±0.15 Bb	68.90±0.19 Aa	68.38±0.20 Aa	66.24±0.20 Aa	64.96±0.21 Aa
8.0	65.28±0.19 Bb	67.75±0.18 Aa	67.73±0.20 Aa	65.86±0.19 Aa	61.38±0.19 Bb
10.0	65.18±0.15 Bb	67.58±0.19 Aa	67.21±0.18 Aa	60.73±0.18 Bb	60.80±0.20 Bb

3 讨论与结论

本试验中,在培养基中添加适量的 MgSO₄、NaCl 和 KCl 对斑玉蕈菌丝生长具有一定的促进作用,促进作用大小依次为 MgSO₄>KCl>NaCl,以 MgSO₄ 的促进作用最大,这与黄清荣等^[6-7]和马路等^[8]的研究结果一致。因为 MgSO₄ 可以调节培养基的渗透压,使斑玉蕈菌丝能够更好地利用培养基中的水分,从而促进菌丝的生长。而且 Mg 是多种酶的激活剂^[6],常以离子状态激活许多酶的反应,例如己糖激酶等;它还具有影响基质氧化和蛋白质合成^[6]的作用。本研究结果显示,CaCl₂、KH₂PO₄ 和 ZnSO₄ 对斑玉蕈菌丝生长具有不同程度的抑制作用。但是,K 是许多酶的活化剂,其对糖的代谢有促进作用,而且还可以控制原生质的胶体状态并调节细胞的通透性^[9]。因此,张晓瑞等^[10]的研究结果表明,KH₂PO₄ 对双胞蘑菇生长具有促进作用,这与本试验结果不符,具体原因还需进一步研究。ZnSO₄ 对斑玉蕈菌丝生长存在抑制作用,这与张立秋等^[11]的报道一致,这可能与 ZnSO₄ 阻碍了斑玉蕈菌丝对培养基营养的吸收有关^[12]。ZnSO₄ 各质量浓度间菌落直径差异显著($P<0.05$),说明斑玉蕈菌丝生长对培养基中 ZnSO₄ 的质量浓度较为敏感。

本试验结果显示,在培养基中添加适量的叶酸、烟酸、V_{B1} 和 V_{B2},对斑玉蕈菌丝生长具有一定的促进作用,其中叶酸的促进作用最强,烟酸次之,这与李春艳等^[13]和南崇斌^[14]的研究结果一致。因为叶酸是机体细胞生长和繁殖所必需的物质,参与嘧啶和嘌呤的合成,而且还可以促进蛋白质的代谢。烟酸是重要辅酶的组成部分,参与脂质代谢等过程。V_{B1} 是酸化酶及转酮醇酶的成分,其与蛋白质、氨基酸、糖类及脂类的生物合成及呼吸链等许多重要代谢有密切关系^[14]。V_{B2} 是一类脱氢酶的辅酶,也是生物呼吸链的组成成分,在机体代谢过程中通过氧

化态与还原态的互变,发挥促进代谢物脱氢或传递氢的作用。V_{B2} 广泛参与机体内的多种氧化还原反应,促进细胞内糖、脂肪和蛋白质的合成与分解,从而促进其生长和发育^[14]。

本研究结果表明,在培养基中添加适量的 IBA、NAA 和 GA₃ 对斑玉蕈菌丝生长具有一定的促进作用,因为有些植物生长调节剂可以诱导细胞的分裂和伸长,促进机体的代谢活动,提高并激活多种酶的活性,增强菌丝对营养物质的吸收与利用,从而加速菌丝的生长^[15]。其中,当质量浓度为 2.0 mg/L 时,IBA 对菌丝生长的促进作用达到最大。NAA 对斑玉蕈菌丝生长具有明显的促进作用,因为 NAA 是一种毒性极低、类生长素的有机萘类植物生长调节剂,能促进细胞的分裂与扩大^[16]。

本试验结果表明,在培养基中适量添加 Mg-SO₄、NaCl、KCl、烟酸、叶酸、V_{B1}、V_{B2}、IBA、GA₃ 和 NAA,可促进斑玉蕈菌丝的生长,KT 和 6-BA 对菌丝生长的促进作用相对较弱,CaCl₂、KH₂PO₄ 和 ZnSO₄ 对斑玉蕈菌丝生长有一定的抑制作用,而 V_{B6} 对斑玉蕈菌丝生长无明显的促进和抑制作用。

[参考文献]

[1] 王 琦,章勤学.蟹味菇的营养价值及生物活性成分研究 [J].食品研究与开发,2010,31(1):173-174.
Wang Q,Zhang Q X. Studies on nutritive bioactive constituents from Crab Mushroom Flavor [J]. Food Research and Development,2010,31(1):173-174. (in Chinese)

[2] 丁湖广.蟹味菇生物特性及高产优质栽培技术 [J].特种经济动植物,2005(3):29-40.
Ding H G. Biological characteristics and technology of high products of *Hypsizigus marmoreus* [J]. Special Economic Plants and Animals,2005(3):29-40. (in Chinese)

[3] 冯志勇.新品蟹味菇优质价高 [J].致富天地,2004(4):42.
Feng Z Y. The excellent quality and high price of the new species-*Hypsizigus marmoreus* [J]. Rich Spaces,2004(4):42. (in Chinese)

[4] 吴韶菊,梁红星,邱奉同.几种元素对真姬菇菌丝生长的影响

[J]. 食用菌,2009(1):11-12.

Wu S J,Liang H X,Qiu F T. Effect of several factors on mycelial growth of *Hypsizigus marmoreus* [J]. Edible Fungi,2009 (1):11-12. (in Chinese)

[5] 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.

Wang P,Shi J L. Optimization of nutrients for the growth and polysaccharide production of *Hypsizigus marmoreus* in liquid cultivation [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34 (3):70-73. (in Chinese)

[6] 黄清荣,杨立红,钟旭生,等. 真姬菇深层培养碳氮源及无机盐的优选 [J]. 湖北农业科学,2005(6):79-81.

Huang Q R,Yang L H,Zhong X S,et al. Optimal selection of the sources of carbon,nitrogen and inorganic salt for the submerged culture of *Hypsizigus marmoreus* [J]. Hubei Agricultural Sciences,2005(6):79-81. (in Chinese)

[7] 黄清荣,辛晓林,杨立红,等. 白平菇液体培养碳、氮源及无机盐的优选 [J]. 吉林农业大学学报,2003,25(4):382-384.

Huang Q R,Xin X L,Yang L H,et al. Optimum selection of carbon and nitrogen sources and inorganic salts for culture media of *Pleurotus ostreatus* [J]. Journal of Jilin Agricultural University,2003,25(4):382-384. (in Chinese)

[8] 马 璐,杜双田,金凌云,等. 杏鲍菇营养生理研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(9):129-134.

Ma L,Du S T,Jin L Y,et al. Studies on the nutritional physiology of *Pleurotus eryngii* [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2010, 38 (9): 129-134. (in Chinese)

[9] 王成福. 不同无机盐营养对双孢菇生长影响的研究进展 [J]. 内蒙古林业调查设计,2010,33(4):109-110.

Wang C F. Effect of inorganic salts on growth of *Agaricus bisporus* [J]. Inner Mongolia Forestry Investigation and Design, 2010,33(4):109-110. (in Chinese)

[10] 张晓瑞,张润光. 无机盐和生长因子对双孢蘑菇菌种生长的影响 [J]. 安徽农业科学,2007,35(25):7809-7810.

Zhang X R,Zhang R G. Effect of inorganic salts and growth factors on growth of *Agaricus bisporus* strain [J]. Journal of Anhui Agri Sci,2007,35(25):7809-7810. (in Chinese)

[11] 张立秋,陈艳秋. 不同碳、氮源及无机盐对桦褐孔菌菌丝培养特性的影响 [J]. 延边大学农学学报,2006,28(1):41-45.

Zhang L Q,Chen Y Q. Effects of different carbon and nitrogen sources and inorganic salts on the culture characteristics of *Inontus obliquus* mycelia [J]. Journal of Agricultural Science Yanbian University,2006,28(1):41-45. (in Chinese)

[12] 黄仁术,李耀亭. 液体培养富锌金针菇锌源与锌添加量的研究 [J]. 食品与发酵工业,2007,33(12):48-51.

Huang R S,Li Y T. An approach to the zinc resource and zinc dosage for submerged culturing enriched *Flammulina velutipes* [J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33 (12): 48-51. (in Chinese)

[13] 李春艳,贾志成,赵慧斌. 褐菇菌丝体主要生长因子研究 [J]. 食用菌,2008(2):13-15.

Li C Y,Jia Z C,Zhao H B. Study on the main growth factors of Kalgan Mushroom mycelium [J]. Edible Fungi,2008(2):13-15. (in Chinese)

[14] 南崇斌. 几种水溶性维生素对平菇生长发育的影响 [J]. 商洛师范专科学校学报,2005,19(3):111-112.

Nan C B. Influence of several aqueous vitamins on the growth of *Pleurotus ostreatus* [J]. Journal of Shangluo Teachers College,2005,19(3):111-112. (in Chinese)

[15] 刘学彦,周 巍,孙 凯. 植物生长调节剂对平菇生长的影响 [J]. 信阳农业高等专科学校学报,2003,13(3):18-19.

Liu X Y,Zhou W,Sun K. The effect of phytohormone on the growth of *Pleurotus ostreatus* [J]. Journal of Xinyang Agricultural College,2003,13(3):18-19. (in Chinese)

[16] 常慧萍. 植物生长调节剂对鸡腿菇 JM-08 生长的影响 [J]. 中国食用菌,2008,27(2):39-40.

Chang H P. The effect of phytohormone on the growth of *Coprinus comatus* JM-08 [J]. Edible Fungi of China,2008,27 (2):39-40. (in Chinese)

(上接第 157 页)

[13] 荣保华,王清章,李 洁,等. 藕带中多酚氧化酶的酶学性质研究 [J]. 安徽农业科学,2010,38(19):10267-10269.

Rong B H,Wang Q Z,Li J,et al. Research on characteristics of the polyphenol oxidase in lotus root [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38 (19): 10267-10269. (in Chinese)

[14] 朱永宝,王 然,赵玉君,等. 新梨 7 号多酚氧化酶的纯化及特性分析 [J]. 食品科学,2009,30(17):230-234.

Zhu Y B,Wang R,Zhao Y J,et al. Purification and characteristic analysis of New pear 7 polyphenol oxidase [J]. Food Science,2009,30(17):230-234. (in Chinese)

[15] 高 路. 紫甘薯多酚氧化酶最适底物研究 [J]. 粮食与油脂, 2010(10):27-28.

Gao L. Research on the optimum substrate of purple sweet potato polyphenol oxidase [J]. Journal of Cereals and Oils, 2010(10):27-28. (in Chinese)