

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 17 期 Vol.33 No.17 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 17 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 植物角质层蜡质的化学组成研究综述 曾 琼, 刘德春, 刘 勇 (5133)
- 中国滨海盐沼湿地碳收支与碳循环过程研究进展 曹 磊, 宋金明, 李学刚, 等 (5141)

个体与基础生态

- 秸秆隔层对盐碱土水盐运移及食葵光合特性的影响 赵永敢, 逢焕成, 李玉义, 等 (5153)
- 盐地碱蓬二型性种子及其幼苗对盐渍环境的适应性 刘 艳, 周家超, 张晓东, 等 (5162)
- 不同抗旱性花生品种的根系形态发育及其对干旱胁迫的响应 丁 红, 张智猛, 戴良香, 等 (5169)
- 夏季苹果新梢生理指标与抗苹果绵蚜的关系 王西存, 周洪旭, 于 毅, 等 (5177)
- 花期海蓬子对盐胁迫的生理响应 刘伟成, 郑春芳, 陈 琛, 等 (5184)
- 白蜡多年卧孔菌生物学特性及驯化栽培 鲁 铁, 图力古尔 (5194)
- 重度火烧迹地微地形对土壤微生物特性的影响——以坡度和坡向为例
..... 白爱芹, 傅伯杰, 曲来叶, 等 (5201)
- 秸秆还田与施肥对稻田土壤微生物生物量及固氮菌群落结构的影响 刘骁蓓, 涂仕华, 孙锡发, 等 (5210)
- 大穗型小麦叶片性状、养分含量及氮素分配特征 王丽芳, 王德轩, 上官周平 (5219)
- 复合不育剂 EP-1 对小鼠空间记忆与焦虑行为的影响 王晓佳, 秦婷婷, 胡 霞, 等 (5228)

种群、群落和生态系统

- 小兴安岭阔叶红松混交林林隙特征 刘少冲, 王敬华, 段文标, 等 (5234)
- 高寒矮嵩草群落退化演替系列氮、磷生态化学计量学特征 林 丽, 李以康, 张法伟, 等 (5245)
- 中亚热带人工针叶林生态系统碳通量拆分差异分析 黄 昆, 王绍强, 王辉民, 等 (5252)
- 高寒山区一年生混播牧草生态位对密度的响应 赵成章, 张 静, 盛亚萍 (5266)
- 乳山近海大型底栖动物功能摄食类群 彭松耀, 李新正 (5274)

景观、区域和全球生态

- 采伐干扰对大兴安岭落叶松-苔草沼泽植被碳储量的影响 牟长城, 卢慧翠, 包 旭, 等 (5286)
- 西南喀斯特地区轮作旱地土壤 CO₂ 通量 房 彬, 李心清, 程建中, 等 (5299)
- 干湿季节下基于遥感和电磁感应技术的塔里木盆地北缘绿洲土壤盐分的空间变异性
..... 姚 远, 丁建丽, 雷 磊, 等 (5308)
- 东北温带次生林和落叶松人工林土壤 CH₄ 吸收和 N₂O 排放通量 孙海龙, 张彦东, 吴世义 (5320)
- 新疆东部天山蝶类多样性及其垂直分布 张 鑫, 胡红英, 吕昭智 (5329)
- 玉米农田空气动力学参数动态及其与影响因子的关系 蔡 福, 周广胜, 明惠青, 等 (5339)

天山北坡家庭牧场复合系统对极端气候的响应过程..... 李西良,侯向阳,丁 勇,等 (5353)

大城市边缘区景观破碎化空间异质性——以北京市顺义区为例..... 李 灿,张凤荣,朱泰峰,等 (5363)

资源与产业生态

基于 GLBM 模型的中国大陆阿根廷滑柔鱼鱿钓渔业 CPUE 标准化 陆化杰,陈新军,曹 杰 (5375)

三峡库区古夫河水质时空分异特征..... 冉桂花,葛继稳,苗文杰,等 (5385)

城乡与社会生态

汉、藏、回族地区农户的环境影响——以甘肃省张掖市、甘南藏族自治州、临夏回族自治州为例.....

..... 赵雪雁,毛笑文 (5397)

研究简报

中国近海浮游动物群落结构及季节变化..... 杜明敏,刘镇盛,王春生,等 (5407)

海洋污染物对菲律宾蛤仔的免疫毒性..... 丁鉴锋,闫喜武,赵力强,等 (5419)

衰亡期沉水植物对水和沉积物磷迁移的影响..... 王立志,王国祥 (5426)

伊洛河流域外来草本植物分布格局..... 郭屹立,丁圣彦,苏 思,等 (5438)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-09



封面图说: 帽儿山次生林林相——帽儿山属于长白山山脉的张广才岭西坡,松花江南岸支流阿什河的上游,最高海拔 805m,由侏罗纪中酸性火山岩构成,是哈尔滨市附近的最高峰,因其貌似冠状而得名。东北林业大学于 1958 年在此建立了实验林场。山上生长着松树、榆树、杨树及各种灌木等,栖息着山鸡、野兔等野生动物,在茂密的草地上还生长有各种蘑菇。其地带性植被为温带针阔混交林,目前状况为天然次生林。部分地方次生林转变为落叶松人工林后,落叶松林地的凋落物层影响了林地土壤水分的格局。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201205270784

鲁铁, 图力古尔. 白蜡多年卧孔菌生物学特性及驯化栽培. 生态学报, 2013, 33(17): 5194-5200.

Lu T, Bau Tolgor. Biological characteristics and cultivation of fruit body of wild medicinal mushroom *Perenniporia fraxinea*. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(17): 5194-5200.

白蜡多年卧孔菌生物学特性及驯化栽培

鲁 铁, 图力古尔*

(吉林农业大学菌物研究所/教育部食用菌工程研究中心, 长春 130118)

摘要:白蜡多年卧孔菌生于白蜡树、檫木、杨树、柳树等阔叶腐木上, 造成白色腐朽, 药用具有抑肿瘤功效。该菌在山东省广泛分布。对采自山东省的子实体进行组织分离获取菌株作为实验材料对其生物学特性和驯化栽培进行研究, 得出最佳的菌丝生长条件和子实体出菇培养条件。生物学特性研究中, 首先对温度、pH 值、碳源、氮源 4 个因素进行单因素实验。温度组选取 15、20、25、30、35 ℃ 5 个梯度, pH 值组选取 pH 值 4、5、6、7、8 等 5 个梯度, 碳源组选取葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、可溶性淀粉、乳糖、果糖 6 种, 氮源组选取酵母膏、蛋白胨、硫酸铵、牛肉膏、黄豆粉、亚硝酸钠 6 种, 进行单因素实验。根据菌丝在培养皿中的日均生长速度和生长势综合比较, 分别选取 4 个因素中最优的 3 个, 温度组选取 20 ℃、25 ℃、30 ℃ 3 个; pH 值组选取 pH 值 5、6、7 等 3 个; 碳源组选取麦芽糖、可溶性淀粉、果糖 3 个; 氮源组选取酵母膏、蛋白胨、牛肉膏 3 个。然后通过四因素三水平的正交试验, 得出如下结论: 4 种因子对白蜡多年卧孔菌的影响程度为: 温度 > pH 值 > 碳源 > 氮源, 各因素之间呈极显著差异, 最终得出该菌菌丝生长的最佳培养条件为温度 30 ℃, pH 值为 6, 碳源为麦芽糖, 氮源为酵母膏。出菇试验中, 对驯化栽培过程按二级种制作、栽培袋制作、发菌、催蕾、出菇期管理、采收 6 个步骤进行实验。二级种选用液体菌种, 其配方: 每 1000 mL 的培养基成分为葡萄糖 20 g、蛋白胨 6 g、酵母膏 5 g、MgSO₄ 1 g、KH₂PO₄ 2 g。培养条件温度 25 ℃、摇床转速 150 r/min, 待培养 6 d 后使用。出菇栽培采用棉籽壳、麸皮、石灰为主要原料, 按棉籽壳 79%、麦麸 20%、石灰粉 1% 的配比进行出菇实验, 每袋接种量 5 mL。发菌阶段需要在清洁的环境中进行, 以防止杂菌的污染。白蜡多年卧孔菌菌丝最佳培养温度为 30 ℃, 需要通风、避光。出菇时需要 14—16 ℃ 的低温刺激。子实体生长温度为 21—27 ℃, 空气湿度 80%—90%。需要一定的散射光光照。当出现乳白色子实层且子实体不再生长时可以进行采收, 子实体形态和野生形态相同。

关键词: 白腐菌; 生物学特性; 单因素; 正交试验; 驯化栽培

Biological characteristics and cultivation of fruit body of wild medicinal mushroom *Perenniporia fraxinea*

LU Tie, BAU Tolgor*

Institute of Mycology/Engineering Research Center of Chinese Ministry of Education for Edible and Medicinal Fungi, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

Abstract: *Perenniporia fraxinea* is a kind of white-rot fungi that is always found in rotten wood of broad-leaved trees, such as *Fraxinus chinensis*, *sassafras tzumu*, *Populus* spp. and *Salix* spp. This fungus is also a medicinal mushroom with anti-tumor effects, and is widely distributed in Shandong province of China. In this paper, the biological characteristics of the fungus and the optimal cultivation conditions of Shandong strain isolated from the fruiting body were studied. For the screening of single optimal factor, temperatures from 15 ℃ to 35 ℃ at 5 ℃ interval, pH at 4 to 9 at 1 interval and each of 6 carbon sources and nitrogen sources were tested for the mycelia growth rate and mycelia growth potential. As a result, the fungus grew better on maltose, soluble starch, fructose as the carbon sources; yeast extract, peptone, beef extract as the

基金项目: 教育部创新团队计划项目 (IRT1134)

收稿日期: 2012-05-27; 修订日期: 2013-01-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: junwusuo@126.com

nitrogen sources; 20 °C, 25 °C, 30 °C and pH 5, 6, 7. The orthogonal experiments with the above selected three conditions for each of the four factors were then performed and the optimal cultivation conditions were determined. A descending order of the impact for the four factors was temperature > pH > carbon source > nitrogen source and the F-test showed very significant difference among all the four factors. The optimal culture condition for *Perenniporia fraxinea* was the combination of Starch plus Yeast anointed with pH 6 and at 30 °C.

In the domestication experiments of *Perenniporia fraxinea*, the stages of pre-culture spawn, of manufacturing cultural bags, of spawn running, of inducement to primordium, of fruiting period management, of collected periods were studied. Liquid fermentation culture was chosen for the pre-culture spawn with the following recipe: 1000 mL fermentation medium; Glucose 20 g, Peptone 6 g, Yeast anointed 5g, MgSO₄ 1 g, KH₂PO₄ 2 g, and with the conditions of culture: 150 r/min, 6 days at 25 °C. Cottonseed hull, bran, lime were used as the main fruiting cultivation materials. For the fruiting test, the following recipe of the cultivation medium was used: cottonseed hull 79%, bran 20%, lime 1%. Five mL liquid spawn per cultural bag was used for inoculation. On the stage of spawn running, clean environment was essential in order to prevent contamination. The optimal condition for this stage was to keep a steady temperature of 30 °C and darkness, ventilation. On the stage of inducement to primordium, a lower temperature of 14—16 °C was required. On the stage of fruiting period management and for fruit growth, the optimal temperature range was 21—27 °C, and relative humidity range was 80%—90%, scattered light was needed. On the stage of harvest, *Perenniporia fraxinea* could be picked up when milk white hymenium appeared and the fruiting body stopped growing. The cultivated fruiting bodies showed the appearance identical to the wild ones under optimal conditions.

Key Words: white-rot fungus; biological characteristics; single factor; orthogonal test; cultivation

白蜡多年卧孔菌 *Perenniporia fraxinea* (Bull.: Fr) Ryvarden 隶属于担子菌门 (Basidiomycetes) 伞菌纲 (Agaricomycetes) 多孔菌目 (Polyporales) 多孔菌科 (Polyporaceae) 多年卧孔菌属 (*Perenniporia*)^[1-2]。其子实体一般较大, 1年生, 菌盖直径 8—16 cm, 无菌柄, 半背着生, 木栓质。菌盖表面红褐色或黄褐色, 有宽的乳白色边缘, 表面平滑或有不规则的突起。子实层面白色至浅黄褐色, 二系菌丝系统, 生殖菌丝具锁状联合, 骨架菌丝具拟糊精和嗜蓝反应, 担孢子无色, 卵型, 厚壁, 具嗜蓝反应, (5.2—6.1) × (4.6—5.2) μm^[3]。生于白蜡树、橡木、杨树、柳树等阔叶树根基上, 造成木材白色腐朽^[4-5], 为阔叶树心材腐烂病原菌之一^[4, 6-8]。有学者对其纤溶性蛋白酶进行了研究^[9]。该菌广泛分布在温带和亚热带^[10, 11], 其在山东也较为常见^[12]。

该菌具有抑制肿瘤的药用功效^[13-14], 在我国曾误作“红颊拟层孔菌 *Fomitopsis cytisina* (Berk.) Bondartsev & Singer”^[13], 有时, 其形态上也常与槐生多年卧孔菌 (俗称槐耳) *Perenniporia robiniophila* (Murrill) Ryvarden 混淆。

作者在对山东省大型真菌资源调查过程中, 收集了山东省烟台市烟台山、昆崙山、招远市罗山等地的白蜡多年卧孔菌的菌株, 并在实验室内成功的驯化栽培出子实体, 本文记录了栽培试验过程中的基础数据, 为野生菌的生产和开发利用提供生态特性方面的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌株

生物学特性实验供试菌株采自山东烟台市烟台山, 菌株编号: 20110816-02。

驯化栽培供试菌株: 菌株编号和原菌采集地: 20090720-03 山东省招远市罗山、20100826-17 山东烟台昆崙山景区、20110816-02 山东烟台市烟台山。全部菌株均由野生子实体组织分离所得, 经纯化后保存备用。

1.1.2 培养基

(1) 实验中不同温度和 pH 值实验采用酵母膏蛋白胨培养基, 每 1000 mL: 酵母浸膏 20 g、葡萄糖 20 g、蛋

白朊 10 g、 KH_2PO_4 1 g、 MgSO_4 0.5 g、琼脂 20 g。

(2) 不同碳氮源培养基配方

碳源基础培养基配方: 酵母膏 2 g、 KH_2PO_4 2 g、 MgSO_4 1 g、琼脂 20 g。

氮源基础培养基配方: 葡萄糖 20 g、 KH_2PO_4 2 g、 MgSO_4 1 g、琼脂 20 g。

(3) 正交试验基础培养基配方: KH_2PO_4 2 g、 MgSO_4 1 g、琼脂 20 g。

1.2 实验方法

1.2.1 温度试验

白蜡多年卧孔菌接种在 PDA 培养基的平板上, 26 °C 培养, 待其长满培养皿时。用直径 1 cm 的打孔器取菌丝块一块, 接种于酵母膏蛋白胨培养基的培养皿的中央。分别置于 15、20、25、30、35 °C 的恒温生物培养箱中培养。每隔 24 h 用划线法测量菌落直径。连续测量 7 d。并观察菌丝长势。每个处理重复 6 次。

1.2.2 pH 试验

用 10% NaOH 溶液和 10% HCL 溶液将酵母膏蛋白胨培养基的 pH 值调节至 4、5、6、7、8 等 5 个梯度。26 °C 培养, 接种、培养、测量方法同 1.2.1。每个处理重复 6 次。

1.2.3 碳源试验

碳源基础培养基上分别加入: 葡萄糖 20 g, 蔗糖 20 g, 麦芽糖 20 g, 可溶性淀粉 20 g, 乳糖 20 g, 果糖 20 g。分别在 6 种碳源培养基平板上接种。接种、培养、测量方法同 1.2.1。每个处理重复 6 次。

1.2.4 氮源试验

氮源基础培养基上分别加入: 酵母膏 2 g, 蛋白胨 2 g, 硫酸铵 2 g, 牛肉膏 2 g, 黄豆粉 2 g, 亚硝酸钠 2 g。分别在 6 种氮源培养基平板上接种。接种、培养、测量方法同 1.2.1。每个处理重复 6 次。

1.2.5 正交试验

对以上 4 个因素碳源、氮源、温度、pH 值各选出 3 个水平, 进行四因素三水平的正交试验, 正交试验基础培养基上分别加上正交表上相应的碳源、氮源、更改相应的 pH 值, 在相应的温度下进行试验。

1.2.6 驯化栽培试验

对驯化栽培过程按二级种制作、栽培袋制作、发菌、催蕾、出菇期管理、采收进行研究。

2 结果与分析

2.1 温度

白蜡多年卧孔菌菌丝在 15—35 °C 范围内均能生长, 而且菌丝在 15 °C 到 35 °C 的温度梯度下, 菌丝生长长速呈现出极显著差异。当温度为 30 °C 时, 菌丝生长速度最快, 颜色较白, 生长势旺盛, 因此综合考虑认为菌丝最适宜温度是 30 °C, 而超过这个温度时菌丝生长受到抑制。可见温度对白蜡多年卧孔菌的菌丝生长影响较大(表 1)。

表 1 不同温度对菌丝生长的影响

Table 1 Effect of temperature on mycelial growth of *Perenniporia fraxinea*

温度/°C Temperature	菌丝长速/(mm/d) *	差异显著性 Significance levels		菌丝长势/(mm/d) ** Mycelial growth vigor
		0.05	0.01	
15	2.6	a	A	+
20	7.0	b	B	++
25	10.2	c	C	+++
30	12.4	d	D	+++
35	4.5	e	E	++

* 数据为 6 次的平均值和标准差; ** “+++”表示菌丝生长势较强, “++”表示菌丝生长势一般, “+”表示菌丝生长势弱

2.2 pH 值

白蜡多年卧孔菌在 pH 值 4.0—8.0 范围内都可以生长, 而在 pH 值为 5.0 时, 菌丝生长速度最快, 长势最好, 菌丝浓密。pH 值为 4.0 和 6.0 时菌丝长速差异不显著, 而 pH 值为 7.0 时菌丝生长势明显减弱, 生长速度

明显变慢。pH 值为 4.0 时菌丝长势较弱(表 2)。

表 2 不同 pH 对菌丝生长的影响

Table 2 Effects of pH on mycelial growth of <i>Perenniporia fraxinea</i>				
pH	菌丝长速/(mm/d) *	差异显著性 Significance levels		菌丝长势/(mm/d) **
		0.05	0.01	
4.0	8.0	a	A	+
5.0	8.9	b	B	+++
6.0	8.2	a	AB	+++
7.0	7.1	c	C	++
8.0	5.8	d	D	+

* 数据为 6 次的平均值和标准差; ** “+++”表示菌丝生长势较强,“++”表示菌丝生长势一般,“+”表示菌丝生长势弱

2.3 碳源

碳源主要是构成细胞骨架和提供能源的物质,除乳糖外,其余碳源对白蜡多年卧孔菌的菌丝长速影响不明显,在乳糖培养基上,菌丝速度明显减慢,菌丝长势明显减弱。可以看出白蜡多年卧孔菌对碳源的需求的广泛性,相对而言,从菌丝长势和长速双重分析,麦芽糖、可溶性淀粉、果糖是较好的可利用碳源(表 3)。

表 3 不同碳源对菌丝生长的影响

Table 3 Effect of carbon sources on mycelial growth of <i>Perenniporia fraxinea</i>				
碳源 Carbon source	菌丝长速/(mm/d) *	差异显著性 Significance levels		菌丝长势/(mm/d) **
		0.05	0.01	
葡萄糖 Glucose	8.2	a	A	++
蔗糖 Sucrose	8.4	a	A	++
麦芽糖 Maltose	8.6	a	A	+++
可溶性淀粉 Soluble starch	8.1	a	A	+++
乳糖 Lactose	5.7	b	B	+
果糖 Fructose	9.1	a	A	++

* 数据为 6 次的平均值和标准差; ** “+++”表示菌丝生长势较强,“++”表示菌丝生长势一般,“+”表示菌丝生长势弱

2.4 氮源

氮源是合成核酸、蛋白质和酶类、含氮代谢产物的物质。酵母膏较其他氮源明显促进菌丝生长,而亚硝酸盐不能被利用,甚至可能对白蜡多年卧孔菌的生长有毒害作用。在蛋白胨、硫酸铵、牛肉膏、黄豆粉培养基上,菌丝长速差异极其不明显,但是从菌丝长势角度上可以看出,牛肉膏好于蛋白胨、硫酸铵、黄豆粉(表 4)。

表 4 不同氮源对菌丝生长的影响

Table 4 Effects of nitrogen sources on mycelial growth of <i>Perenniporia fraxinea</i>				
氮源 Nitrogen source	菌丝长速/(mm/d) *	差异显著性 Significance levels		菌丝长势/(mm/d) **
		0.05	0.01	
酵母膏 Yeast anointed	9.2	a	A	+++
蛋白胨 Peptone	6.8	b	B	++
硫酸铵 Ammonium sulfate	6.7	b	B	++
牛肉膏 Beef anointed	7.3	b	B	+++
黄豆粉 Soybean meal	6.6	b	B	+
亚硝酸钠 Sodiumnitrite	0.0	c	C	n. d

* 数据为 6 次的平均值和标准差; ** “+++”表示菌丝生长势较强,“++”表示菌丝生长势一般,“+”表示菌丝生长势弱

2.5 正交试验

从以上温度、pH 值、碳源、氮源单因素实验中分别挑选出最佳的 3 个种类作为 3 个水平,组建四因素三水平的正交分析表,直观分析可见,温度的极差最大,即为 7.0。可见温度是影响白蜡多年卧孔菌生长的最主要

因素。其次是 pH 值,极差为 2.2。碳源和氮源分别为 2.0 和 1.1。从均值中综合菌丝生长势情况可以看出,碳源的 X1 好于 X2 和 X3,所以选 X1,氮源的 X1 也好于 X2 和 X3,所以也选 X1。温度选 X3,pH 值选 X2。所以分别为 X1、X1、X3、X2,即麦芽糖、酵母膏、30℃、pH 值 6(表 5)。

对正交试验结果进行方差分析,温度的 F 值最大,pH 值其次,然后是碳源、氮源。所以四种因素的显著性差异大小顺序是:温度>pH 值>碳源>氮源。这与直观分析结果一致(表 6)。

表 5 菌丝生长的正交实验结果的直观分析

Table 5 The results of direct-viewing analysis of mycelial growth

试验号 Test number	碳源 Carbon source	氮源 Nitrogen source	T Temperature	pH	菌丝长速/(mm/d)* Mycelial growth rate	菌丝生长势/(mm/d)** Mycelial growth vigor
1	1(麦芽糖)	1(酵母膏)	1 (20℃)	1 (5)	2.3	+
2	1(麦芽糖)	2(蛋白胨)	2 (25℃)	2 (6)	6.9	++
3	1(麦芽糖)	3(牛肉膏)	3 (30℃)	3 (7)	10.0	+++
4	2(可溶性淀粉)	1(酵母膏)	2 (25℃)	3 (7)	5.5	++
5	2(可溶性淀粉)	2(蛋白胨)	3 (30℃)	1 (5)	6.2	++
6	2(可溶性淀粉)	3(牛肉膏)	1 (20℃)	2 (6)	1.7	+
7	3(果糖)	1(酵母膏)	3 (30℃)	2 (6)	11.0	+++
8	3(果糖)	2(蛋白胨)	1 (20℃)	3 (7)	2.3	+
9	3(果糖)	3(牛肉膏)	2 (25℃)	1 (5)	3.8	+
T1	115.2	112.5	37.6	73.7	T=49.7	
T2	79.9	92.6	97.4	117.5		
T3	102.7	92.8	162.9	106.7		
X1	6.4	6.2	2.1	4.1		
X2	4.4	5.1	5.4	6.3		
X3	5.7	5.2	9.1	6.0		
R	2.0	1.1	7.0	2.2		

*数据为 6 次的平均值和标准差;**“+++”表示菌丝生长势较强,“++”表示菌丝生长势一般,“+”表示菌丝生长势弱

表 6 菌丝生长的正交实验结果的方差分析

Table 6 The results of F -test of mycelial growth

来源 Source	偏差平方和 Type III sum of squares	自由度 df	均方 MS	F	显著性水平 Sig.
碳源 Carbon source	35.5	2	17.8	51.1	0.0001
氮源 Nitrogen source	14.5	2	7.2	20.8	0.0001
温度 Temperature	436.4	2	218.2	627.0	0.0001
pH	57.8	2	28.9	83.0	0.0001
误差 Error	15.7	45	0.3		
总和 Total	559.8	53			

2.6 驯化栽培过程

2.6.1 二级液体菌种制作

由于液体菌种有生长速度快、生长周期短、菌龄一致、接种后发菌点多等优点,所以选用液体菌种。其配方:每 1000 mL 的培养基成分为 葡萄糖 20 g 蛋白胨 6 g 酵母膏 5 g MgSO_4 1 g KH_2PO_4 2 g。

制作过程:取备用菌株,室温放置 24 h 后,进行活化培养,待长满后,使用 1 cm 打孔器打下菌丝块,接入液体培养基中,放入振荡式摇床,培养温度 25℃、摇床转速 150 r/min,待培养 6 d 后使用。

2.6.2 栽培袋制作

配方:棉籽壳 79%、麦麸 20%、石灰粉 1%,加水搅拌混匀。然后将培养料装袋,使含水量在 65% 左右。[料水比约为 1:(1.3—1.5)]。中间用径粗 1.5 cm 的小棒扎一洞,以利通气,促进菌丝生长。制作菌袋规格:

直径 10 cm,高 14.5 cm。采用高压湿热灭菌法:121 ℃,2 h。待自然冷却后于超净工作台上接种。每袋接种量 5 mL。

2.6.3 发菌

发菌室使用前用二氯异氰尿酸钠等气雾剂进行灭菌,防止青霉等杂菌污染。将接完种的菌袋放到 70% 酒精消毒过的培养架上,温度控制在 30 ℃ 左右进行发菌。培养时须避光保存,注意温度和氧气的供给,空气湿度 65% 以下为宜;培养温度,初期 7—10 d 内,温度保持在 27—30 ℃,利于菌丝迅速萌发、封面,减少污染机会,之后 30—45 d,温度保持在 25 ℃ 左右(低于 28 ℃)发菌,防止二次污染和注意通风。

2.6.4 催蕾

菌丝长满 15 d 以后可以将温度降低至 14—16 ℃,进行低温催蕾。此时可以解开菌袋,使菌袋口朝上放置,但注意保湿。需要散射光线刺激子实体的分化。

2.6.5 出菇期管理

此阶段主要是空气湿度、温度及供氧和光照四因素的协同作用,要保持较高的空气湿度和较低的 CO₂ 浓度。温度应保持在 21—27 ℃,温度过低会影响子实体正常生长分化,温度过高则使子实体难以分化或品质差;空气湿度保持在 80%—90% 之间;通风,每天至少保持 1 h 左右的通风时间,并保证一定的散射光光照。

2.6.6 采收

待子实体由白色逐步变深,颜色转为深红褐色,菌盖背面凸显出白色的菌管,且子实体不再生长时即可采收。子实体形态和野生形态相同。

3 结论与讨论

通过菌丝在碳源、氮源、温度、pH 值单因素实验的生长情况和正交试验,最终确定白蜡多年卧孔菌最佳生长条件是温度 30 ℃、pH 值 6、碳源是麦芽糖、氮源是酵母膏。菌丝最佳培养温度 30 ℃,需要通风、避光。子实体的出菇需要 14—16 ℃ 的低温刺激。子实体出菇生长温度 21—27 ℃,空气湿度 80%—90%。需要一定的散射光光照。当出现乳白色子实层时且子实体不在生长时可以进行采收。

在对白蜡多年卧孔菌的驯化栽培实验过程中,同时也尝试了使用覆土的栽培方式,最终也得到了子实体,但覆土材料、覆土的厚度都对子实体的形成影响较大。其中腐殖质土较好,较利于出菇。这可能是因为土壤中微生物含量比较丰富,对出菇有促进作用。土壤对菌棒有一定的机械刺激也利于出菇。但是具体的作用机制还有待进一步的研究。覆土栽培方式较利于减少生产强度,但是具体的栽培过程还有待做进一步的实验优化。同时对其进行测产,例如生物转化率等指标的测定。

本文在驯化栽培中对其采收期定为子实体成熟不再生长为基准,如果以药用价值作为考虑对象,需要对其各生长期的各项活性指标做检测,选取活性成分含量最高的时期为采收期。

白蜡多年卧孔菌作为一种药用菌,以往报道仅限于在分类、生态、资源调查等方面,生物学特性、栽培方式等还鲜见报道。本文对其生物学特性和驯化栽培方面进行研究,为更好的利用该资源提供生态特性有关基础研究数据。白蜡多年卧孔菌后续研究可以在菌丝液体深层发酵、天然药物化学成分及药理学活性成分等方面进行深入。

致谢: 感谢鲁东大学朱建军老师和吉林农业大学李长田老师对本文写作的帮助。

References:

- [1] Kirk P M, Cannon P F, Minter D W. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (Tenth edition). CABI rop-UK, 2008.
- [2] Dai Y C. A checklist of polypores in China. *Mycosystema*, 2009, 28(3): 315-327.
- [3] Dai Y C, Niemelä T, Kinnunen J. The polypore genera *Abundisporus* and *Perenniporia* (Basidiomycota) in China, with notes on *Haploporus*. *Annales Botanici Fennici*, 2002, 39: 169-182.
- [4] Dai Y C. Pathogenic wood-decaying fungi on woody plants in China. *Mycosystema*, 2012, 31(4): 493-509.
- [5] Núñez M, Ryvarden L. East Asian polypores 2. Polyporaceae la to. *Synopsis Fungorum*, 2001, 14: 165-522.

- [6] Cui B K, Sun X Q, Chen J X, Zhao M S. Two new heart rot diseases on hardwoods in Tianmu Mountain from Zhejiang Province. 2007, 20: 97-100.
- [7] Imazeki R, Hongo T. Colored illustrations of mushrooms of Japan (II). Tokyo: Hoikusha Publishing Co. LTD,1995. 166-166.
- [8] Ikeda Y. Mushrooms and toadstools picture book of Hokuriku (in Japanese). Hashimoto;kakubundo, Kanazawa,2005. 249-249.
- [9] Kim J S, Kim J E, Choi B S, Park S E, Sapkota K, Kim S, Lee H H, Kim C S, Park Y, Kim M K, Kim Y S, Kim S J. Purification and characterization of fibrinolytic metalloprotease from *Perenniporia fraxinea* mycelia. Mycological Research, 2008, 112(8): 990-998.
- [10] Cui B K, Jia B S. Wood-rotting fungi in eastern China 7. Polypores from Huangshan Mountain, Anhui Province. Mycosystema, 2011, 30(4): 529-535.
- [11] Dai Y C. Polypore diversity in China with an annotated checklist of Chinese polypores. Mycoscience, 2012, 53: 49-80.
- [12] Bau T, Wang J R, Cui B K, Liu Y. Macrofungal diversity in Shandong Province of China, 2013,32(4):643-670.
- [13] Dai Y C, Yang Z L. A revised checklist of medicinal fungi in China. Mycosystema, 2008, 27(6): 801-824.
- [14] Ying J Z, Mao X L, Ma Q M. Illustration of Medicinal Fungi in China. Beijing: Science Press. 1987: 1-579.

参考文献:

- [2] 戴玉成. 中国多孔菌名录. 菌物学报, 2009, 28(3): 315-327.
- [4] 戴玉成. 中国木本植物病原木材腐朽菌研究. 菌物学报, 2012, 31(4): 493-509.
- [6] 崔宝凯, 孙向前, 陈建新, 赵明水. 浙江天目山两种新的阔叶树心材腐朽病. 林业科学研究, 2007, 20(1): 97-100.
- [7] 今関六也, 本郷次雄. 原色日本新菌類圖鑑(II). 東京(日本): 保育社, 1995: 166-166.
- [8] 池田良幸. 北陸のきのこ図鑑. 橋本確文堂, 2005: 249-249.
- [12] 图力古尔, 王建瑞, 崔宝凯, 刘宇. 山东省大型真菌物种多样性. 菌物学报, 2013,32(4):643-670.
- [13] 戴玉成, 杨祝良. 中国药用真菌名录及部分名称的修订. 菌物学报, 2008, 27(6): 801-824.
- [14] 应建浙, 卯晓岚, 马启明. 中国药用真菌图鉴. 北京: 科学出版社, 1987: 1-579.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 17 Sep. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The overview and prospect of chemical composition of plant cuticular wax ZENG Qiong, LIU Dechun, LIU Yong (5133)
- Research progresses in carbon budget and carbon cycle of the coastal salt marshes in China
..... CAO Lei, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (5141)

Autecology & Fundamentals

- Effects of straw interlayer on soil water and salt movement and sunflower photosynthetic characteristics in saline-alkali soils
..... ZHAO Yonggan, PANG Huancheng, LI Yuyi, et al (5153)
- Adaptations of dimorphic seeds and seedlings of *Suaeda salsa* to saline environments
..... LIU Yan, ZHOU Jiachao, ZHANG Xiaodong, et al (5162)
- Responses of root morphology of peanut varieties differing in drought tolerance to water-deficient stress
..... DING Hong, ZHANG Zhimeng, DAI Liangxiang, et al (5169)
- The relationship between physiological indexes of apple cultivars and resistance to *Eriosoma lanigerum* in summer
..... WANG Xicun, ZHOU Hongxu, YU Yi, et al (5177)
- Physiological responses of *Salicornia bigelovii* to salt stress during the flowering stage
..... LIU Weicheng, ZHENG Chunfang, CHEN Chen, et al (5184)
- Biological characteristics and cultivation of fruit body of wild medicinal mushroom *Perenniporia fraxinea*
..... LU Tie, BAU Tolgor (5194)
- The study of characteristics of soil microbial communities at high severity burned forest sites for the Great Xingan Mountains: an
example of slope and aspect BAI Aiqin, FU Bojie, QU Laiye, et al (5201)
- Effect of different fertilizer combinations and straw return on microbial biomass and nitrogen-fixing bacteria community in a paddy
soil LIU Xiaoqian, TU Shihua, SUN Xifa, et al (5210)
- Structural characters and nutrient contents of leaves as well as nitrogen distribution among different organs of big-headed wheat
..... WANG Lifang, WANG Dexuan, SHANGGUAN Zhouping (5219)
- Effects of EP-1 on spatial memory and anxiety in *Mus musculus* WANG Xiaojia, QIN Tingting, HU Xia, et al (5228)

Population, Community and Ecosystem

- Gap characteristics in the mixed broad-leaved Korean pine forest in Xiaoxing'an Mountains
..... LIU Shaochong, WANG Jinghua, DUAN Wenbiao, et al (5234)
- Soil nitrogen and phosphorus stoichiometry in a degradation series of *Kobresia humilis* meadows in the Tibetan Plateau
..... LIN Li, LI Yikang, ZHANG Fawei, DU Yangong, et al (5245)
- An analysis of carbon flux partition differences of a mid-subtropical planted coniferous forest in southeastern China
..... HUANG Kun, WANG Shaoqiang, WANG Huimin, et al (5252)
- The niche of annual mixed-seeding meadow in response to density in alpine region of the Qilian Mountain, China
..... ZHAO Chengzhang, ZHANG Jing, SHENG Yaping (5266)
- Functional feeding groups of macrozoobenthos from coastal water off Rushan PENG Songyao, LI Xinzhen (5274)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Effects of selective cutting on vegetation carbon storage of boreal *Larix gmelinii*-*Carex schmidtii* forested wetlands in Daxing'anling,
China MU Changcheng, LU Huicui, BAO Xu, et al (5286)
- CO₂ flux in the upland field with corn-rape seed rotation in the karst area of southwest China
..... FANG Bin, LI Xinqing, CHENG Jianzhong, et al (5299)
- Monitoring spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the North Tarim Basin using remote sensing and electromagn-
etic induction instruments YAO Yuan, DING Jianli, LEI Lei, et al (5308)
- Methane and nitrous oxide fluxes in temperate secondary forest and larch plantation in Northeastern China
..... SUN Hailong, ZHANG Yandong, WU Shiyi (5320)
- Butterfly diversity and vertical distribution in eastern Tianshan Mountain in Xinjiang
..... ZHANG Xin, HU Hongying, LÜ Zhaozhi (5329)

- Dynamics of aerodynamic parameters over a rainfed maize agroecosystem and their relationships with controlling factors CAI Fu, ZHOU Guangsheng, MING Huiqing, et al (5339)
- The response process to extreme climate events of the household compound system in the northern slope of Tianshan Mountain LI Xiliang, HOU Xiangyang, DING Yong, et al (5353)
- Analysis on spatial-temporal heterogeneities of landscape fragmentation in urban fringe area; a case study in Shunyi district of Beijing LI Can, ZHANG Fengrong, ZHU Taifeng, et al (5363)
- Resource and Industrial Ecology**
- CPUE Standardization of *Illex argentinus* for Chinese Mainland squid-jigging fishery based on generalized linear Bayesian models LU Huajie, CHEN Xinjun, CAO Jie (5375)
- Spatial-temporal differentiation of water quality in Gufu River of Three Gorges Reservoir RAN Guihua, GE Jiwen, MIAO Wenjie, et al (5385)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Comparison environmental impact of the peasant household in han, zang and hui nationality region; case of zhangye, Gannan and Linxia in Gansu Province ZHAO Xueyan, MAO Xiaowen (5397)
- Research Notes**
- The seasonal variation and community structure of zooplankton in China sea DU Mingmin, LIU Zhensheng, WANG Chunsheng, et al (5407)
- Immunotoxicity of marine pollutants on the clam *Ruditapes philippinarum* DING Jianfeng, YAN Xiwu, ZHAO Liqiang, et al (5419)
- Influence of submerged macrophytes on phosphorus transference between sediment and overlying water in decomposition period WANG Lizhi, WANG Guoxiang (5426)
- Distribution patterns of alien herbs in the Yiluo River basin GUO Yili, DING Shengyan, SU Si, et al (5438)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 张利权

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 17 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 17 (September, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元