

田亚琴,牛玉蓉,刘宇,等. 龟裂秃马勃的分子鉴定及生物学特性[J]. 江苏农业科学,2017,45(4):109-112.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.04.034

# 龟裂秃马勃的分子鉴定及生物学特性

田亚琴<sup>1,2</sup>, 牛玉蓉<sup>1</sup>, 刘宇<sup>1</sup>, 李华敏<sup>2</sup>, 王守现<sup>1</sup>

(1. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所/北京市食用菌工程技术研究中心, 北京 100097;

2. 鲁东大学食品工程学院, 山东烟台 264025)

**摘要:**以 1 株野生马勃属菌株为研究对象,通过核糖体 rRNA 基因内转录间隔区(ITS)序列分析鉴定为龟裂秃马勃。以菌丝生长速度、菌丝干质量、菌丝生长势为指标,研究其生物学特性。结果表明,龟裂秃马勃的最适碳源为淀粉,最适氮源为尿素,最适碳氮比为 20:1,最适温度为 28℃,最适生长因子为维生素 B<sub>6</sub>,最适 pH 值为 5.0。

**关键词:**龟裂秃马勃;鉴定;组织分离;生物学特性

**中图分类号:**S646.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)04-0109-03

龟裂秃马勃(*Calvatia utriformis*, *Handkea utriformis*), 别称浮雕秃马勃、龟裂马勃,是马勃菌目马勃菌科秃马勃属真菌<sup>[1]</sup>。其子实体中等至大型,陀螺形,宽 6~10 cm,高 8~12 cm,白色,渐变为淡锈色,最后变浅褐色;外包被常龟裂,内包被薄,顶部裂成碎片,露出青色的产孢体,基部的不孕体大,并有一横膜与产孢体分隔开;孢子球形,光滑,青黄色,直径 3.0~4.5 μm,内含 1 个油点;孢丝丝状,稍分枝,青黄色,易断。刘波早在 1984 年报道,龟裂秃马勃具有止血、消毒、解毒等药用功效<sup>[2]</sup>。目前,国内对龟裂秃马勃的研究较少,且多偏向于医学方面。邓志鹏等概述了马勃的药理作用和临床应用,为其进一步开发利用提供依据<sup>[3]</sup>;徐力等探讨了大马勃(*C. gigantea*)提取液体外抗肿瘤作用<sup>[4]</sup>;郭玫等对马勃进行了系统研究,从生药学、品质评价、化学成分、药理研究等方面作了概述<sup>[5]</sup>。

尽管许多研究表明马勃具有很高的经济价值和药用价值,但是对于马勃驯化栽培的研究鲜有报道。近年来,笔者从野外采集了 1 株秃马勃属真菌,编号为 JZB2115010,对其进行分子鉴定,并以菌丝生长速度、菌丝干质量、菌丝生长势为指标,开展生物学特性的研究,以筛选出较佳生长条件,为其人工驯化栽培提供基础数据。

## 1 材料和方法

### 1.1 培养基材料

#### 1.1.1 综合 PDA 培养基 马铃薯 200 g、琼脂 20 g、葡萄糖

收稿日期:2015-09-26

基金项目:现代农业产业技术体系北京市食用菌创新团队(编号:BAIC05-2016);北京市科委重大课题:特异食用菌种质资源筛选和新品种选育(编号:D151100004315003);北京市农林科学院科技创新能力建设专项(编号:KJCX20151408)。

作者简介:田亚琴(1992—),女,甘肃张掖人,主要从事食用菌生物技术及遗传育种研究, Tel: (010) 51503432; E-mail: tianyaqin19920902@126.com。

通信作者:王守现,博士,副研究员,主要从事野生菌开发利用及食用菌栽培育种工作。Tel: (010) 51503432; E-mail: wangshouxian2002@163.com。

20 g、大豆蛋白胨 5 g、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 3 g、MgSO<sub>4</sub> 1.5 g、维生素 B<sub>1</sub> 10 mg,加水至 1 000 mL。

1.1.2 基础培养基 葡萄糖 20 g、大豆蛋白胨 2 g、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 g、MgSO<sub>4</sub> 0.5 g、维生素 B<sub>1</sub> 10 mg、琼脂 16 g,加水至 1 000 mL。

1.1.3 加富培养基 葡萄糖 20 g、大豆蛋白胨 2 g、马铃薯 200 g、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 g、MgSO<sub>4</sub> 0.5 g、维生素 B<sub>1</sub> 10 mg、琼脂 16 g,加水至 1 000 mL。

### 1.2 野生菌母种分离

2010 年 8 月 25 日在北京市房山区蒲洼林地采集 1 种秃马勃属真菌,组织分离获得该野生菌的母种。

### 1.3 野生菌株分子鉴定

利用核糖体 rRNA 基因内转录间隔区(ITS)序列的通用引物 ITS4 和 ITS5 对分离的野生菌株进行 ITS-PCR 鉴定<sup>[6-9]</sup>。

### 1.4 同步菌丝制备

母种纯化分离好后转接到 PDA 培养基上,待菌丝基本长满培养皿时,用 6 mm 的打孔器在菌丝边缘打孔,用接种针挑取菌块转接到 PDA 培养皿的中央,置于 25℃ 培养箱中避光培养,以获得相同菌龄的菌丝,保证后续生物学特性研究的准确<sup>[9]</sup>。

### 1.5 野生菌株生物学特性研究

碳源、氮源、碳氮比、生长因子、温度、pH 值的测定,参照文献[9-11]中的方法。

菌丝日生长速度、菌丝干质量、菌丝生长势的测定,参照文献[9]中的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 野生菌株的鉴定结果

用 ITS4、ITS5 通用引物对野生菌株的 DNA 进行扩增、测序。将测序结果提交至 GenBank,登录号为 JQ293098.1。BLAST 分析表明,野生菌 JZB2115010 扩增序列与登录号为 EU833659.1、JN411549.1 的龟裂秃马勃(*H. utriformis*) 同源性均达到 99%。因此,结合图 1 子实体形态可确定分离菌株为龟裂秃马勃。



图1 野生龟裂秃马勃子实体

2.2 野生龟裂秃马勃的生物特性试验结果

2.2.1 碳源对龟裂秃马勃菌丝生长的影响 由表 1 可见,龟裂秃马勃在不同的碳源上均可生长,但是不同的碳源对其菌丝生长影响差异较为显著。其中,不加碳源的对照培养基菌丝生长速度最快,达 2.87 mm/d,但与以蔗糖、甘露醇、淀粉为碳源的培养基相比,差异不显著;以乳糖为碳源的培养基菌丝生长速度最慢,仅为 0.58 mm/d。在菌丝干质量方面,以淀粉、麦芽糖为碳源的培养基干质量最大,分别为 0.072 2、0.068 7 g,且二者差异不显著;其次为以葡萄糖为碳源的培养基,其干质量为 0.053 4 g;以乳糖为碳源的培养基干质量最小,仅为 0.010 0 g。在菌丝长势方面,以淀粉、蔗糖为碳源的培养基表现最好,其次为葡萄糖、麦芽糖,乳糖表现最差。因此,综合以上分析,本试验选取的最佳碳源为淀粉。

表 1 碳源对龟裂秃马勃菌丝生长的影响

碳源	生长速度 (mm/d)	菌丝干质量 (g)	菌丝生长势
对照	2.87 ± 0.02a	0.025 9 ± 0.015 5c	++
蔗糖	2.79 ± 0.08ab	0.023 9 ± 0.000 9cd	++++
甘露醇	2.67 ± 0.06ab	0.022 2 ± 0.001 1cd	++
淀粉	2.62 ± 0.14ab	0.072 2 ± 0.016 2a	++++
山梨醇	2.51 ± 0.17cb	0.020 3 ± 0.001 5cd	++
羧甲基纤维素钠	2.13 ± 0.09c	0.014 2 ± 0.001 4cd	++
葡萄糖	2.12 ± 0.17c	0.053 4 ± 0.001 9b	+++
麦芽糖	2.05 ± 0.06c	0.068 7 ± 0.002 7a	+++
乳糖	0.58 ± 0.04d	0.010 0 ± 0.003 9d	+

注:表中数据为“平均值 ± 标准差”(n=5)。同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。“++++”表示菌丝生长浓密、长势旺盛;“+++”表示菌丝生长较密、长势较好;“++”表示菌丝生长密、长势一般;“+”表示菌丝生长稀、长势较弱;“-”表示菌丝不生长。下表同。

2.2.2 氮源对龟裂秃马勃菌丝生长的影响 由表 2 可知,龟裂秃马勃在不同氮源培养基上生长状况差异明显。龟裂秃马勃在以尿素作为氮源时,其生长速度最快,菌丝干质量也最大,分别为 1.46 mm/d、0.101 2 g,而且菌丝生长旺盛、浓密,菌落圆整,生长势强;以大豆蛋白胨、酵母浸粉和甘氨酸为氮源时,其生长速度差异不显著;以黄豆粉为氮源时,其生长速度为 0.71 mm/d,仅高于对照组(0.59 mm/d),且差异不显著。在菌丝干质量方面,尿素、大豆蛋白胨和甘氨酸为氮源的培养基菌丝干质量最高,且差异不显著;而对照菌丝干质量最低,仅为 0.005 9 g。菌丝生长势以尿素为氮源的培养基表现

最好,其次是大豆蛋白胨、酵母浸粉、甘氨酸和牛肉浸膏培养基,黄豆粉和对照培养基表现最差。因此,综合考虑菌丝生长速度、干质量和生长势这 3 个因素,选取尿素作为龟裂秃马勃的最适氮源。

表 2 氮源对龟裂秃马勃菌丝生长的影响

氮源	生长速度 (mm/d)	干质量 (g)	菌丝生长势
对照	0.59 ± 0.07d	0.005 9 ± 0.000 7c	+
尿素	1.46 ± 0.01a	0.101 2 ± 0.029 3a	++++
大豆蛋白胨	1.27 ± 0.06ab	0.088 7 ± 0.011 1a	+++
酵母浸粉	1.25 ± 0.09ab	0.058 3 ± 0.007 0b	+++
甘氨酸	1.22 ± 0.07abc	0.093 1 ± 0.023 8a	+++
牛肉浸膏	1.20 ± 0.13bc	0.053 7 ± 0.010 0b	+++
硫酸铵	1.09 ± 0.11bc	0.040 3 ± 0.003 0b	++
硝酸铵	0.97 ± 0.12c	0.052 6 ± 0.001 5b	++
黄豆粉	0.71 ± 0.01d	0.010 2 ± 0.001 5c	+

2.2.3 碳氮比对龟裂秃马勃菌丝生长的影响 由表 3 可知,本研究中不同碳氮比对龟裂秃马勃菌丝生长的影响差异基本不显著。在菌丝干质量方面,以碳氮比为 40 : 1 最高,达 0.162 3 g,但与碳氮比为 10 : 1 ~ 30 : 1 及 60 : 1 差异不显著。从菌丝生长势方面来看,碳氮比为 20 : 1 时菌丝长势表现最好;其次为碳氮比 30 : 1、40 : 1;碳氮比为 60 : 1 时,菌丝生长稀疏,菌丝长势最弱。因此,综合考虑菌丝生长速度、干质量和生长势 3 个因素,选取龟裂秃马勃的最适碳氮比为 20 : 1。

表 3 碳氮比对龟裂秃马勃菌丝生长的影响

碳氮比	生长速度 (mm/d)	干质量 (g)	菌丝生长势
10 : 1	1.17 ± 0.05a	0.130 7 ± 0.014 1ab	++
20 : 1	1.21 ± 0.03a	0.140 8 ± 0.022 6ab	++++
30 : 1	1.13 ± 0.02a	0.142 5 ± 0.011 7ab	+++
40 : 1	1.11 ± 0.03a	0.162 3 ± 0.034 7a	+++
50 : 1	1.17 ± 0.03a	0.123 0 ± 0.018 9b	++
60 : 1	1.13 ± 0.06a	0.158 6 ± 0.009 3ab	+

2.2.4 生长因子对龟裂秃马勃菌丝生长的影响 由表 4 可知,不同生长因子对龟裂秃马勃菌丝生长有一定影响,其中维生素 B<sub>6</sub> 处理的菌丝生长速度最快,达 1.45 mm/d,但与维生素 C、玉米浆、维生素 B<sub>2</sub>、肌醇处理差异不显著。在菌丝干质量方面,维生素 B<sub>2</sub> 的干质量最高,达 0.082 0 g,但与肌醇、维生素 B<sub>6</sub>、维生素 C 处理差异不显著;对照和维生素 B<sub>1</sub> 处理菌丝干质量最低,但差异不显著。在菌丝生长势方面,维生素 B<sub>6</sub> 处理表现最好,菌丝洁白浓密;对照和维生素 B<sub>1</sub> 处理表现最差。综合考虑,龟裂秃马勃的最适生长因子为维生素 B<sub>6</sub>。

2.2.5 温度对龟裂秃马勃菌丝生长的影响 由表 5 可知,不同温度处理对龟裂秃马勃菌丝生长速度具有显著的影响,温度过高或过低都不利于龟裂秃马勃菌丝的生长。其中在 28 ℃ 时菌丝生长速度、菌丝体干质量、生长势表现均为最优;当温度在 16 ~ 24 ℃ 时,虽然菌丝仍能够生长,但生长速度减慢;当温度达到 36 ℃ 时菌丝完全停止生长(图 2)。因此,结合菌丝生长势,本试验选取的最适培养温度为 28 ℃。

表 4 生长因子对龟裂秃马勃菌丝生长的影响

生长因子	生长速度 (mm/d)	干质量 (g)	菌丝生长势
对照	1.18 ± 0.05c	0.052 1 ± 0.003 6c	++
维生素 B <sub>6</sub>	1.45 ± 0.03a	0.073 5 ± 0.010 7ab	++++
维生素 C	1.37 ± 0.07a	0.065 3 ± 0.014 1abc	+++
玉米浆	1.34 ± 0.02ab	0.057 2 ± 0.012 3bc	+++
维生素 B <sub>2</sub>	1.33 ± 0.03ab	0.082 0 ± 0.005 6a	+++
肌醇	1.33 ± 0.09ab	0.077 1 ± 0.009 7a	+++
维生素 B <sub>1</sub>	1.20 ± 0.01bc	0.051 2 ± 0.004 5c	++

表 5 温度对龟裂秃马勃菌丝生长的影响

温度 (℃)	生长速度 (mm/d)	干质量 (g)	菌丝生长势
16	1.85 ± 0.02c	0.017 5 ± 0.003 8cd	++
20	2.47 ± 0.32b	0.029 1 ± 0.011 4bc	+++
24	2.74 ± 0.09b	0.032 7 ± 0.007 8b	+++
28	3.17 ± 0.03a	0.048 9 ± 0.006 2a	++++
32	0.70 ± 0.11d	0.007 7 ± 0.002 0de	+
36	0.00 ± 0.00e	0.000 0 ± 0.000 0e	-

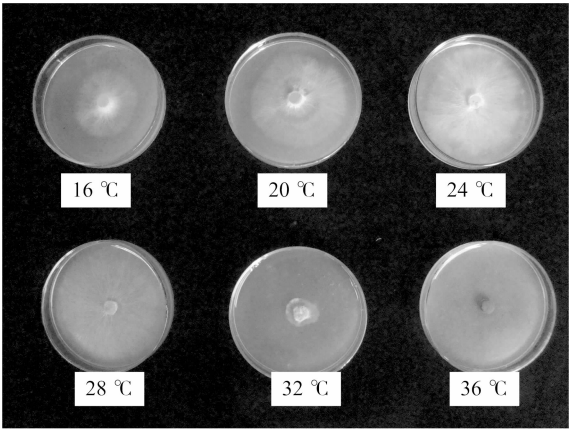


图2 温度对龟裂秃马勃菌丝生长的影响

2.2.6 pH 值对龟裂秃马勃菌丝生长的影响 由表 6 可知,不同 pH 值对龟裂秃马勃菌丝生长影响明显。龟裂秃马勃菌丝在 pH 值为 4.5 ~ 8.0 范围内均能生长;在 pH 值为 4.5 ~ 6.0 时,菌丝洁白,生长势强;当 pH 值为 5.0 时,菌丝生长最快,达 1.63 mm/d,pH 值为 5.5 时,长速为 1.60 mm/d,二者差异不显著;pH 值为 8.0 时,菌丝生长速度最慢,仅为 0.96 mm/d。从菌丝体干质量来看,pH 值为 5.0 时,菌丝体干质量最高,为 0.253 7 g,且与 pH 值为 4.5、5.5、6.0 的处理之间差异不显著;pH 值为 7.5 时菌丝干质量最低,仅为 0.039 9 g,与 pH 值为 8.0 的处理差异不显著。从菌丝生长势来看,pH 值为 5.0 时菌丝长势最旺;其次是 pH 值为 4.5、5.5、6.0 处理;菌丝在 pH 值为 8.0 长势最弱。因此,综合以上分析,本试验选取的最适 pH 值为 5.0。

3 讨论与结论

龟裂秃马勃子实体鲜嫩可食,营养丰富,有益于人体健康,既具有经济价值,又具有药用价值。因此,对龟裂秃马勃进行生物学特性研究,有助于更好地培育龟裂秃马勃,促进其开发利用。本研究表明,龟裂秃马勃最适碳源是淀粉,这一结果与贺新生等报道的双环林地蘑的最适碳源一致<sup>[12]</sup>,当龟裂

表 6 pH 值对龟裂秃马勃菌丝生长的影响

pH 值	生长速度 (mm/d)	干质量 (g)	菌丝生长势
4.5	1.33 ± 0.04b	0.166 8 ± 0.066 7ab	+++
5.0	1.63 ± 0.03a	0.253 7 ± 0.168 2a	++++
5.5	1.60 ± 0.05a	0.217 9 ± 0.001 2a	+++
6.0	1.41 ± 0.04b	0.209 5 ± 0.025 0a	+++
6.5	1.18 ± 0.01c	0.078 4 ± 0.000 9bc	++
7.0	1.10 ± 0.04c	0.095 1 ± 0.095 5bc	++
7.5	0.99 ± 0.04d	0.039 9 ± 0.006 9c	++
8.0	0.96 ± 0.01d	0.042 2 ± 0.017 4c	+

秃马勃以其他成分为碳源时,菌丝可以生长,但长势不好,其中以乳糖长势表现最差。在氮源利用方面,龟裂秃马勃最适氮源是尿素,在黄豆粉上表现最差,该结果与张国广等报道的野生小马勃的最适氮源为黄豆粉和麦麸混合物的结果不一致<sup>[13]</sup>,这可能是因为小马勃和龟裂秃马勃同属不同种,故对氮源利用存在差异;此外,本研究结果与陈芝兰等报道的黑脉羊肚菌<sup>[14]</sup>和黄春燕等报道的大球盖菇<sup>[15]</sup>的最适氮源相一致。最适碳氮比是 20 : 1,这与邹莉等对亚侧耳所报道的适宜碳氮比<sup>[10]</sup>相一致。最适生长因子是维生素 B<sub>6</sub>,这与丁珊珊等对野生裸盖菇 L-001 菌株报道的最适生长因子<sup>[16]</sup>相一致。最适温度为 28 ℃,这一结果与张国广等报道的野生小马勃的最适温度<sup>[13]</sup>相一致,当温度高于 36 ℃时龟裂秃马勃不生长,另外笔者近年来研究发现,多数食用菌的最适生长温度为 28 ℃<sup>[9,17]</sup>。最适 pH 值为 5.0,这一结果与张国广等报道野生小马勃的最适 pH 值不一致,其最适 pH 值为 5.5<sup>[13]</sup>,两者差别不大,可能是由于试验误差造成的数据不一致,但由此可知马勃属大多适宜在较低 pH 值的环境下生长。目前,未见其他关于龟裂秃马勃最适氮源、碳源、碳氮比及最适生长因子的综合研究报道,本研究可为龟裂秃马勃的人工驯化栽培提供基础数据。

参考文献:

[1] 彭卫红,甘炳成,谭伟,等. 四川省龙门山区主要大型野生经济真菌调查[J]. 西南农业学报,2003,16(1):36-41.  
[2] 刘波. 中国药用真菌[M]. 太原:山西人民出版社,1984.  
[3] 邓志鹏,孙隆儒. 中药马勃的研究进展[J]. 中药材,2006,29(9):996-998.  
[4] 徐力,许冰. 大马勃体外抗肿瘤作用初探[J]. 中国医药指南,2011,9(34):264-265.  
[5] 郭玫,张扬. 中药马勃的研究概况[J]. 甘肃中医学院学报,2010,27(1):60-62.  
[6] 沙涛,丁骅孙,张汉波,等. 利用松茸 ITS 特异性引物对松茸分离物进行鉴定[J]. 云南植物研究,2004,26(5):524-528.  
[7] 戴汾田,张平. 中国几种剧毒鹅膏菌的 ITS 序列分析[J]. 生命科学研究,2006(3):110-113.  
[8] 王晓娥,姚方杰. 块菌 rDNA 的 ITS 序列分析试验条件的初步研究[J]. 中国食用菌,2006,25(5):37-39.  
[9] 王守现,刘宇,许峰,等. 荷叶离褶伞菌株的 ITS 鉴定及生物学特性研究[J]. 内蒙古农业大学学报(社会科学版),2012,28(5):148-152.  
[10] 邹莉,王义,王轶,等. 亚侧耳菌丝生物学特性研究[J]. 菌物学报,2008,27(6):915-921.

袁颖丹,李 志,胡冬南,等. 铁皮石斛仿生栽培中不同附生树种和栽培基质的效应[J]. 江苏农业科学,2017,45(4):112-114.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.04.035

# 铁皮石斛仿生栽培中不同附生树种和栽培基质的效应

袁颖丹,李 志,胡冬南,郭晓敏

(江西农业大学林学院,江西南昌 330045)

**摘要:**为了选出适合铁皮石斛附生的树种及生长基质,从而为铁皮石斛的繁育与栽培提供技术参考,以枫香、杉木、樟树、马尾松作为铁皮石斛附生树种,以草绳、草绳+水苔、木屑、混合基质作为铁皮石斛上树后的生长基质,就不同附生树种和生长基质对铁皮石斛生长期的茎长、地径、节数等生长量的影响情况进行了试验、观测与分析。结果表明,4种附生树种均可作为铁皮石斛的附生树种,其中枫香上附生的铁皮石斛长势相对较好;混合基质能促使附生在马尾松上的铁皮石斛快速地生长。

**关键词:**铁皮石斛;仿生栽培模式;附生树种;附生基质

**中图分类号:**S567.23+9.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)04-0112-03

铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)是兰科石斛属多年生附生草本植物,我国传统名贵珍稀中药材<sup>[1]</sup>,具有益胃生津、润肺止咳、提高抵抗力、消除肿瘤、抑制癌症的作用,1987年被国务院列为国家级重点保护植物<sup>[2]</sup>。兰科植物是森林中的精华,种类虽多,但很多种群居极小,对生态环境的要求极高<sup>[3]</sup>。由于过度采挖与生态环境被破坏,野生的兰科植物铁皮石斛已濒临灭绝,堪称“药界的大熊猫”<sup>[4]</sup>。其产品的市场价格越来越高,栽培技术越来越先进,由此应运而生一系列的栽培模式。

铁皮石斛的仿生栽培指根据植物自然生长需较强庇荫的特点,利用乔木树冠遮阴,将植株附生于树干、树枝或树杈上,以仿造其自然生境而进行的一种栽培方式<sup>[5]</sup>。为了提高生产效率,降低生产成本,探寻更加适宜的铁皮石斛栽培模式,以南方适生树种枫香(*Liquidambar formosana* Hance)、杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]、樟树[*Cinnamomum camphora* (L.) Pres.]、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)为铁皮石斛附生树种,选用4种不同的附生基质进行栽培试验,以期选出适合铁皮石斛附生的树种及附生基质,从

而为铁皮石斛的繁育与生产提供技术参考<sup>[6]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于江西省九江市庐山区莲花镇东城村,在天花井国家森林公园(E 116°5'38"、N 29°37'19")内,幽谷深壑众多、森林植被茂密、水源涵养大。该地属中国亚热带东部季风区域,气候温和,雨量充沛,年均降水量 1 437 mm,年平均气温 15~18℃,年平均日照时数 1 932 h,年平均无霜期 239~266 d,年平均雾日在 16 d 以下<sup>[7-8]</sup>。

### 1.2 试验材料

采用铁皮石斛组培苗,选择无烂茎、烂根、黄叶,生长健壮,无病虫害,叶片在 4 张以上,叶色翠绿的组培苗,在室外环境中炼苗 7 d 后,洗净培养基,经 50% 多菌灵可湿性粉剂 800 倍液浸泡 1 min 后栽植到遮光度为 70% 的简易大棚内,以一定比例混配的细锯末、松树皮、石灰石、泥炭的混合物为基质(以下简称为混合基质),株行距为 4 cm×10 cm,栽后定时喷雾 3~5 次/d,湿度保持在 80% 左右,培育 6 个月后上树栽植<sup>[9]</sup>。

### 1.3 试验设计与方法

经综合练苗后,选择叶片数在 4 张以上、生长健壮、无病虫害的合格苗进行上树试验。上树试验又分附生树种试验和附生基质试验 2 个部分,2 个部分试验均于 2014 年 8 月中旬种植铁皮石斛幼苗,分别在 2015 年 2、4、6 月对不同附生树种和附生基质处理,在生长期中的铁皮石斛植株的茎长、茎粗、

收稿日期:2015-12-28

基金项目:国家自然科学基金(编号:31360177);江西省研究生创新专项(编号:YC2015-S189)。

作者简介:袁颖丹(1993—),女,江西瑞金人,硕士研究生,主要从事林业生态工程研究。E-mail:yydjxau@163.com。

通信作者:郭晓敏,博士,教授,主要从事经济林研究。E-mail:gxmjxau@163.com。

[11]蔡丹凤,陈美元,郭仲杰,等. 茯苓菌株生物学特性的研究[J]. 中国食用菌,2009,28(1):23-26.

[12]贺新生,李纯华,康晓惠. 青藏高原黄绿蜜环菌纯培养菌种的分离培养及分子鉴定双环林地蘑菇的生物学特性和栽培特性[J]. 食用菌学报,2001,20(3):23-28.

[13]张国广,刘振富,张 颖,等. 野生小马勃的鉴定及其生物学特性研究[J]. 中国食用菌,2009,28(6):30-31,61.

[14]陈芝兰,张培平. 黑脉羊肚菌菌丝的生物学特性[J]. 食用菌,

2004,26(6):6-7.

[15]黄春燕,万鲁长,张柏松,等. 大球盖菇菌丝生长适宜氮源研究[J]. 中国食用菌,2012,31(6):18-19,23.

[16]丁珊珊,毛 宁. 野生裸盖菇 L-001 菌株的生物学特性[J]. 食用菌,2010,32(1):24-26.

[17]王守现,刘 宇,许 峰,等. 野生黄伞 JZB2116005 菌株的鉴定及生物学特性研究[J]. 江西农业大学学报,2013,35(3):603-608.