

羊肚菌菌盖干腐病病原菌鉴定及培养特性研究

黄 慧¹, 张晓勇¹, 郑 欢¹, 蔡青苡¹, 罗佳佳¹,
罗 凯², 李树江¹, 杨友联^{1*}

(1. 六盘水师范学院生物科学与技术学院, 六盘水 553004; 2. 贵州省六盘水市农业科学院, 六盘水 553004)

摘要 菌盖干腐病是羊肚菌 *Morchella* spp. 出菇后发生最严重的病害之一, 常给羊肚菌生产造成较大损失。为明确引起贵州六盘水地区羊肚菌菌盖干腐病致病菌种类, 采用单孢分离法从六盘水地区 3 个羊肚菌栽培点的菌盖干腐病样品上分离到 9 个菌株。基于形态学及 ITS 和 LSU 基因序列分析将 9 个菌株鉴定为长孢卵单隔孢霉 *Diploöspora longispora*。培养特性研究表明, 该菌最适的培养基为 PCA, 最适氮源为蛋白胨与硝酸铵, 最适碳源为葡萄糖与麦芽糖, 菌丝生长及孢子萌发最适温度为 15~25℃, 最适 pH 为 6~10; 当温度超过 30℃ 菌丝即停止生长, 孢子无法萌发。

关键词 羊肚菌; 菌盖干腐病; 长孢卵单隔孢霉; 系统鉴定; 培养特性

中图分类号: S436.461 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020537

Identification and cultural characterization of *Diploöspora longispora* associated with pileus rot disease on cultivated morel

HUANG Hui¹, ZHANG Xiaoyong¹, ZHENG Huan¹, CAI Qingyi¹, LUO Jiajia¹,
LUO Kai², LI Shujia¹, YANG Youlian^{1*}

(1. School of Biological Sciences and Technology, Liupanshui Normal University, Liupanshui 553004, China;
2. Liupanshui Academy of Agricultural Sciences, Guizhou Province, Liupanshui 553004, China)

Abstract Pileus rot disease widely occurs and often causes serious yield losses of cultivated morel. In order to identify the pathogen of pileus rot disease, nine strains were obtained by single-spore isolation in three cultivation sites of Liupanshui city. Based on morphological characteristics and ITS and LSU sequence analysis, the nine strains were identified as the same species, *Diploöspora longispora*. Cultural characterization showed that PCA was the optimal medium for colony growth, the optimal nitrogen sources were peptone, ammonium nitrate, and the optimal carbon sources were glucose and maltose. The best temperature and initial pH ranges for spore germination and mycelial growth were 15–25℃ and 6–10, respectively. When the temperature exceeded 30℃, the mycelium stopped growing and the spores failed to germinate.

Key words morel; pileus rot disease; *Diploöspora longispora*; phylogenetic analysis; cultural characteristics

羊肚菌 *Morchella* spp. 是一类珍稀的大型食用真菌, 其营养丰富, 味道鲜美, 深受消费者青睐。人工种植的羊肚菌普遍发生各种真菌性病害, 常常造成较为严重的经济损失。目前, 在羊肚菌上报道的真菌病害主要有由变红镰刀菌 *Fusarium incarnatum* 和木贼镰刀菌 *F. equiseti* 交互引起的烂柄病 (stipe rot)^[1]、长毛拟青霉 *Paecilomyces penicilla-*

tus 引起的白霉病 (white mold disease)^[2]、长孢卵单隔孢霉 *Diploöspora longispora* 引起的菌盖干腐病 (pileus rot disease)^[3] 及曲霉 *Aspergillus* sp. 引起的羊肚菌白腐病 (morel white rot)^[4]。

近年来, 随着贵州六盘水市羊肚菌种植面积不断扩大, 菌盖干腐病已成为种植中最大的风险点之一。菌盖干腐病属低温型病害, 在每年的 2 月—

收稿日期: 2020-10-13

修订日期: 2020-11-27

基金项目: 贵州省特色重点实验室建设项目(黔教合 KY 字[2017]012); 2019 年贵州省大学生创新创业训练计划(20195201506); 六盘水市科技计划(520202016HK07, 52020-2018-03-07); 2018 年度六盘水师范学院项目“微生物学教学团队”(LPSSYjxd201802)

* 通信作者 E-mail: 547086119@qq.com

4 月,温度 10~20℃、湿度较大的拱棚下暴发较为严重。该病先在羊肚菌菌盖上形成白色绒毛状小菌落,后随着病害部位扩大而逐渐萎缩、干枯和穿孔,国内学者还将其称为霉菌性枯萎病^[5]。

前人对羊肚菌菌盖干腐病已有一定研究,但在病原菌的系统分类鉴定上还存在很多不足,对病原菌的生长特性也还缺乏相关的研究,不利于该病的田间识别及防治。本研究对六盘水羊肚菌主产区广泛发生的菌盖干腐病样品进行病原菌的分离与鉴定,并研究了病原菌的最佳生长条件等,旨在为羊肚菌菌盖干腐病田间准确识别及防治提供理论支持。

表 1 羊肚菌菌盖干腐病样品采集点信息¹⁾

Table 1 Sampling locations and relevant informations of morel pileus rot disease

采样点 Sampling site	经纬度 Longitude and latitude	羊肚菌种类 <i>Morchella</i> species	发病率/% Incidence	采样数量/朵 Sampling size	分离菌株 Isolate	分离日期/年-月-日 Strain isolation date
钟山区大河堡 Dahebao, Zhongshan	104°50′50″E 26°41′16″N	梯棱羊肚菌 <i>Morchella importuna</i>	7.38±2.52	5	M201800001	2018-04-04
					M201800004	
					M201800002-1	
六枝特区岩脚 Yanjiao, Liuzhi Tequ	105°23′1″E 26°21′20″N	六妹羊肚菌 <i>M. sextelata</i>	10.73±2.02	7	M20190301	2019-03-13
					M20190302	
					M20190304	
水城县果布戛 Guobuga, Shuicheng	105°0′15″E 26°15′10″N	六妹羊肚菌 <i>M. sextelata</i>	12.45±2.70	8	M20190308	2019-03-20
					M20190305	
		梯棱羊肚菌 <i>M. importuna</i>	14.53±5.47	6	M20190306	2019-03-20

1) 表中发病率数值为平均值±标准差。
The incidence is mean±SD.

1.2 病原菌形态学鉴定

将菌株接种于 PDA (potato dextrose agar) 平板,置于 25℃进行活化培养。用 6 mm 直径打孔器从菌落边缘打取菌饼接入另一个 PDA 平板中央,设置 3 次重复,在 25℃自然光照下培养 10 d 后测量菌落直径,观察菌落特征。收集菌落表面菌丝和子实体,以蒸馏水为载浮剂制备临时装片,置于显微镜下观察菌株形态特征。

1.3 病原菌分子鉴定

将供试菌株以三点法接种于 PDA 平板培养基上,置于 25℃恒温培养 15 d 后刮取菌丝,用改良的 CTAB 法提取菌株 DNA^[6]。扩增的目的序列分别为内转录间隔区 (ITS) 和 28S 核糖体大亚基序列 (rDNA-LSU) 2 个基因片段。选用真菌 rDNA-ITS 通用引物 ITS1 和 ITS4 扩增 ITS 片段,选用引物 LROR 和 LR5 扩增大亚基 LSU 片段,PCR 反应体

1 材料与方法

1.1 病害调查与病原菌分离

于 2018 年和 2019 年羊肚菌收获季节分别从贵州六盘水钟山区大河堡、六枝特区岩脚和水城县果布戛 3 个羊肚菌规模化种植基地进行该病的调查和取样。在每个栽培点随机选取 3 个小拱棚进行菌盖干腐病发病率统计。将采集的菌盖干腐病羊肚菌单独装入保鲜袋中带回实验室,用单孢分离法从各点感病羊肚菌病害部位分离得到 9 个菌株(表 1)。菌株在 PDA 试管斜面上培养 15 d 后置于 4℃ 保藏备用。

系及扩增程序参考 Maharachchikumbura 等^[7]的方法。扩增产物经 1% 琼脂糖凝胶电泳检测后,由北京擎科生物技术有限公司进行纯化和测序。将所得序列在 GenBank 中运用 BLAST 进行同源序列检索,查找与其相似性较高的菌株,用 MEGA X 软件以邻接法 (neighbor-joining, NJ) 构建系统发育树,确定菌株的分类地位。

1.4 菌株致病性鉴定

取新鲜、健康无损伤的尖顶羊肚菌 *Morchella conica* 子实体,用 75%乙醇喷雾菌盖后,用无菌水轻轻冲洗 3 次,无菌吸水纸吸干水珠后放置于超净工作台中吹干表面水分。菌柄切口处用无菌湿棉球包住后平置于塑料盒内,吸取 50 μL 10⁶ 个/mL 孢子悬浮液滴于菌盖凹坑内,每朵接种 1 点。试验重复 3 次。接种后盖好盖子放置于 20℃黑暗培养 5 d 观察发病情况。

1.5 菌株生长和孢子萌发的最佳培养温度及 pH

用 6 mm 打孔器打取菌落边缘菌饼单点接种于 PDA 平板中央,并分别置于 0、5、10、15、20、25、30℃ 和 35℃ 等 8 个温度环境中,10 d 后测量菌落直径。用 1 mol/L 的 NaOH 或 HCl 分别调节 PDA 培养基 pH 至 4、5、6、7、8、9、10、11、12 和 13 等 10 个梯度,将打取的菌饼($d=6$ mm)单点接种于不同 pH 的 PDA 平板中央,置于 25℃ 下培养 10 d 后测量菌落直径。试验设置 3 次重复。用移液枪吸取 100 μ L 10^6 个/mL 孢子悬浮液加入 PDA 平板,均匀涂布后分别置于上述 8 个温度环境中;取 100 μ L 孢子悬浮液均匀涂布于上述不同 pH 的 PDA 平板上,放置于 25℃ 自然光照条件下进行培养。2 d 后将不同温度和 pH 处理下的涂布平板置于 Olympus BX51 显微镜 10×10 低倍镜下随机选取 10 个视野统计分生孢子萌发情况。每个温度和 pH 设置 3 次重复。

1.6 菌株最佳培养基配方、碳源和氮源筛选

(1)最佳培养基筛选。设置 PDA 培养基、查氏培养基 CHM(NaNO_3 3 g, K_2HPO_4 1 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.50 g, KCl 0.50 g, FeSO_4 0.01 g, 蔗糖 30 g, 琼脂粉 15 g, 蒸馏水 1 000 mL, pH 7.0~7.2)^[8]、平板计数琼脂培养基 PCA(胰蛋白胨 5 g, 酵母膏粉 2.5 g, 葡萄糖 1 g, 琼脂 15 g, 蒸馏水 1 000 mL, pH 7.0±0.2)、合成低营养琼脂培养基 SNA(KH_2PO_4 0.2 g, KCl 0.2 g, KNO_3 1.0 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g, 葡萄糖 0.2 g, 琼脂 15 g, 蒸馏水 1000 mL, 自然 pH)^[9]和沙氏固体培养基 SDA(蛋白胨 10 g, 琼脂 20 g, 葡萄糖 40 g, 蒸馏水 1 000 mL, 自然 pH)^[10]来研究不同培养基对菌株菌丝体生长的影响。用 6 mm 打孔器在活化菌株菌落边缘打取菌饼分别接种于上述培养基平板中央,置于 25℃ 自然光照条件下培养 10 d 后测量各平板内菌落直径(mm),试验设置 3 次重复。

(2)碳源、氮源筛选。以查氏培养基 CHM 为基础培养基,分别将其中的蔗糖以同质量的葡萄糖、麦芽糖、可溶性淀粉和甘油替换,即得不同碳源的培养基;将查氏培养基中的硝酸钠以同质量的硝酸钾、氯化铵、硫酸铵和蛋白胨替换配制成不同氮源的培养基。置于 25℃ 的自然光条件下培养 10 d 后测量各处理平板上的菌落直径(mm),试验设置 3 次重复。

1.7 数据处理与分析

采用 DPS v7.05 软件进行数据方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 病害调查与菌株形态学鉴定

调查发现,几乎所有的羊肚菌种植地都发现感染菌盖干腐病的子实体,但各地发病情况不一,发病率普遍在 5%~15%,部分发病较重的小拱棚内可达 20%以上,给人工种植羊肚菌的产量和质量造成较为严重影响(表 1)。

菌盖干腐病主要发生于菌盖,菌柄上少见。该病发病初期在羊肚菌菌盖上形成 5~10 mm 不规则白色绒毛状霉斑,后逐渐扩大,侵染部位萎缩、干枯甚至形成 10~20 mm 的大穿孔(图 1a~c)。在 PDA 平板上,菌株在 25℃ 下培养 10 d 菌落直径 31~35 mm,边缘整齐,表面干燥,雪白色绒毛状,有明显轮状花纹,背面淡黄色(图 1d)。与梯棱羊肚菌于平板内对峙培养下,菌株早期可释放抑制羊肚菌菌丝生长的代谢产物,形成明显的抑菌圈,后病原菌菌丝侵入羊肚菌菌落内(图 1e)。分生孢子梗透明,细长,棍棒状,大小为(23.25~75.20) $\mu\text{m} \times (1.91 \sim 3.72)$ μm ,平均(56.22±15.2) $\mu\text{m} \times (3.22 \pm 0.43)$ μm ($n=30$),顶端形成 1~2 串分生孢子链,分生孢子脱落后留下明显的凸痕(图 1f~g)。分生孢子全为链生,透明,棍棒状或长柠檬形,大小为(16.25~22.18) $\mu\text{m} \times (3.68 \sim 5.79)$ μm ,平均(20.41±4.95) $\mu\text{m} \times (4.78 \pm 0.63)$ μm ($n=30$),常有圆形或椭圆形疣点,1~3 个隔(多为 1 个),隔处稍缢缩(图 1h~k)。基于形态特征分析,初步将 9 个菌株鉴定为长孢卵单隔孢霉 *Diploöspora longispora* Matsushima T.^[10]。

2.2 菌株分子生物学鉴定

将本研究获得的 9 株菌株的 ITS 和 LSU 序列与从 GenBank 中下载的 10 个同源性较高的序列,以 *Paecilomyces niphedodes* CBS 229.73 和 *P. niphedodes* CBS 364.76 作为外类群,用 MEGA X 软件构建 NJ 系统发育树(图 2)。9 个菌株都与长毛拟青霉 *P. penicillatus* 和长孢卵单隔孢霉以 96% 的支持率聚为一支。结合形态特征,长毛拟青霉的安甬瓶状小梗一般 3~5 个聚合为扫帚状,分生孢子为无隔的单细胞,椭

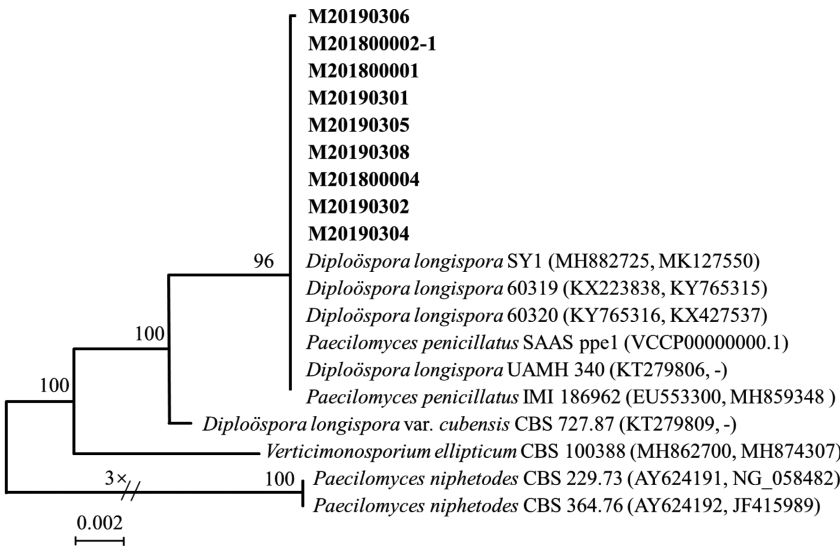
圆形或梨形,大小仅为(6~7.5) μm×(4.0~5.0) μm,与长孢卵单隔孢霉差异非常大^[10-11]。因此 基于形态学及 rDNA-ITS-LSU 基因序列分析,将 9 个 菌株鉴定为 *Diploöspora longispora* Matsushima T.



a-c: 六妹(a-b)和梯梭(c)羊肚菌菌盖干腐病症状; d: 菌株在PDA上的菌落形态; e: 菌株与梯梭羊肚菌对峙培养效果; f-g: 分生孢子梗和分生孢子; h-k: 分生孢子。标尺=10 μm
a-c: Symptoms of pileus rot disease on *M. sextelata* (a-b) and *M. importuna* (c); d: Strain colony on PDA; e: The strain is confronted with *M. importuna*; f-g: Conidiophore and conidia; h-k: Conidia. Scale bar=10 μm

图 1 羊肚菌菌盖干腐病症状及病原菌形态特征

Fig. 1 Symptoms of pileus rot disease and morphological characteristics of *Diploöspora longispora*



括号中表示菌株的ITS和LSU序列号或菌株基因组序列号;“-”表示该菌株缺少LSU序列
The ITS and LSU sequence accession no. or genome accession no. of the strains are indicated in brackets.
“-” indicates that the strain lacks LSU sequence in the GenBank database

图 2 本研究获得菌株及相关菌株基于 rDNA-ITS-LSU 序列构建的 NJ 系统发育树

Fig. 2 Phylogenetic tree of the strains obtained in the present study and some related species based on rDNA-ITS-LSU sequences

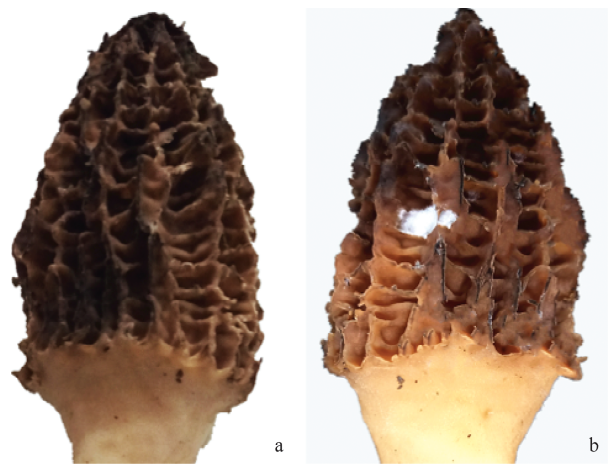
2.3 菌株致病性测定

将菌株接种于健康羊肚菌菌盖上,20℃下培养5 d后,接种处形成5~10 mm左右的白色霉层,被侵染的菌褶出现坏死、干枯,与田间早期症状一致(图3)。再次挑取白色霉层进行分离,所得菌株菌落及形态特征与原菌株一致。

2.4 培养温度和 pH 对菌株生长及孢子萌发的影响

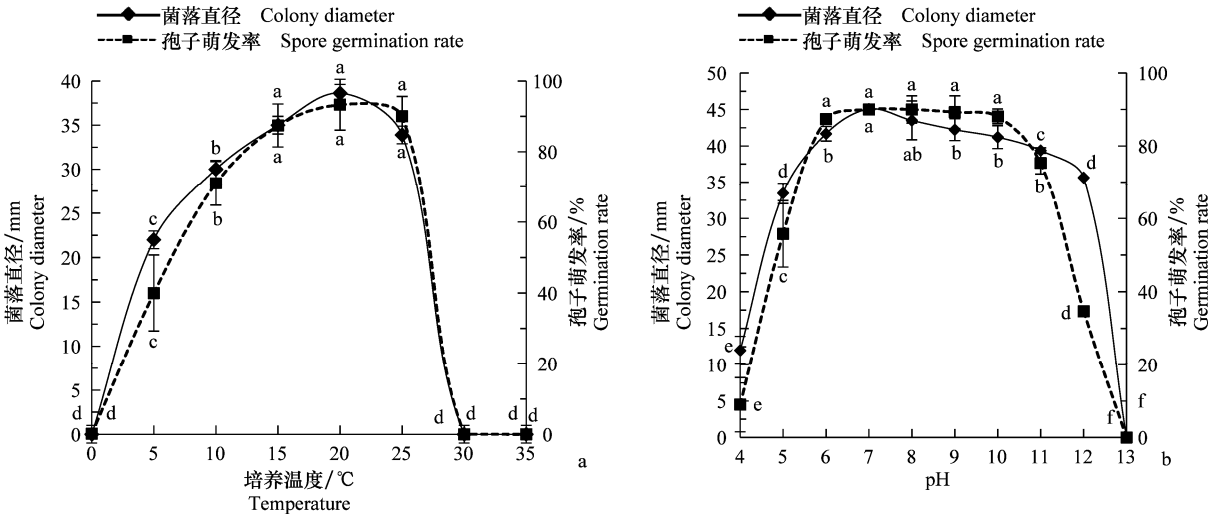
不同培养温度和 pH 对病原菌生长及孢子萌发的影响均达到显著水平(图4)。5~25℃菌丝均可生长,孢子可萌发,在15~25℃处理下菌丝生长和孢子萌发率差异不显著,温度超过30℃菌丝停止生长,孢子不萌发(图4a)。说明该菌对冷凉环境适应性较强,菌丝生长及孢子萌发最适温度为15~25℃,不耐30℃以上的高温。该菌对培养基 pH 的要求不严格,在 pH 4~12 范围内孢子可部分萌发,菌丝可正常生长, pH 6~11 适宜菌丝生长,尤以 pH 7 时生长最快;分生孢子在 pH 6~10 时萌发率

显著高于其他处理(图4b)。说明该菌孢子萌发的最适 pH 为6~10。



a: 空白对照; b: 子实体接种 5 d 时的病害症状
a: Blank control without inoculation; b: Symptom on a sporophore at the 5th day after inoculation

图3 菌株在羊肚菌子实体上的致病性检测
Fig.3 Pathogenicity test of *Diploëspora longispora* on morel sporophore



图中数据为平均值±标准差,不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。下同
The data are mean±SD; different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level. The same applies below

图4 温度和 pH 对羊肚菌菌盖干腐病原菌生长及孢子萌发的影响

Fig.4 Effects of different temperatures and pH on mycelial growth and conidial germination of *Diploëspora longispora*

2.5 碳源、氮源和不同培养基对病原菌生长的影响

不同氮源、碳源及培养基处理对病原菌生长的影响达到显著水平(图5)。该菌在以蛋白胨与硝酸铵为氮源的培养基中生长速率显著高于其他氮源处理,说明该菌的生长对氮素要求较高(图5a)。菌株在以葡萄糖和麦芽糖为碳源的培养基中的菌落直径显著大于其他处理(图5b);不同培养基显著影响菌

株生长,菌株在 PCA 培养基上的生长速率显著高于其他培养基,沙氏培养基与 PDA 次之,在查氏培养基和合成培养基中生长速率最为缓慢,再次印证该菌生长对氮源需求较高(图5c)。说明该菌最适氮源为蛋白胨与硝酸铵,最适碳源为葡萄糖与麦芽糖,最适生长培养基为 PCA。

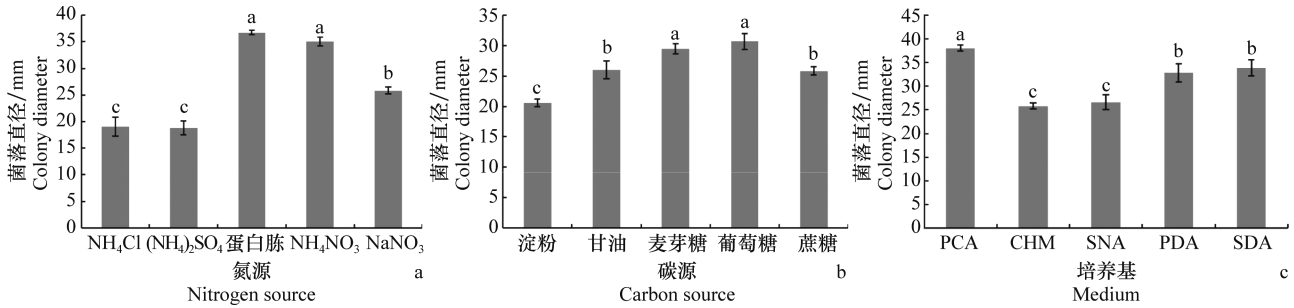


图 5 不同碳源、氮源及培养基配方对病原菌生长的影响

Fig. 5 Effects of different carbon sources, nitrogen sources and mediums on mycelial growth of *Diploöspora longispora*

3 讨论

菌盖干腐病也称霉菌性枯萎病,是羊肚菌人工种植中危害最为严重的病害之一。广泛栽培的梯棱羊肚菌 *M. importuna*、六妹羊肚菌 *M. sextelata* 和七妹羊肚菌 *M. eptimelata* 等都可感染此病^[12],该病害在早春羊肚菌发菇和收获期间传播迅速,常造成较为严重的产量、质量损失。本研究中,9 个菌株经 ITS 和 LSU 序列联合分析与长毛拟青霉和长孢卵单隔孢霉以极高支持率聚为一支,这与前人用 ITS 序列分析所得出的结果一致^[3]。长毛拟青霉和长孢卵单隔孢霉都是在 20 世纪 70 年代根据形态特征确立的,二者除了都有链生的分生孢子外,其他形态特征差异极大。长毛拟青霉的分生孢子链基部是一个安瓿瓶状的小梗,且 3~5 个聚合形成扫帚状的分生孢子梗,而长孢卵单隔孢霉的分生孢子梗细长,顶部直接着生 1~2 串链状分生孢子,无小梗结构;其次,二者最明显的差异在于分生孢子结构,长毛拟青霉的分生孢子为无隔的单细胞,椭圆形或梨形,大小仅为(6.0~7.5) $\mu\text{m} \times$ (4.0~5.0) μm ,而长孢卵单隔孢霉的分生孢子为棍棒状或长柠檬形,大小为(16.25~22.18) $\mu\text{m} \times$ (3.68~5.79) μm ,有 1~3 个隔将孢子分隔为 2~4 个细胞^[10-11]。基于形态学及 ITS 和 LSU 序列分析,将本研究的 9 个菌株鉴定为长孢卵单隔孢霉。

在症状上,羊肚菌菌盖干腐病与 He 等报道的白霉病高度相似,如发病条件及早期菌盖上雪白色的霉层,以及后期病斑干枯、收缩直至穿孔等特征^[2]。有学者认为羊肚菌白霉病就是菌盖干腐病,He 等也通过 ITS 序列分析发现长毛拟青霉与长孢卵单隔孢霉高度同源^[2],但部分研究指出仅凭 ITS 序列分析而未经严格的形态学比较即将病原菌鉴定为长毛拟青霉,其鉴定过程缺乏严谨性和科学

性^[3-5]。研究已证实拟青霉属 *Paecilomyces* 是一个复合属,形态相近的两个种其 DNA 碱基序列可能差异很大^[13]。从目前在 GenBank 上发布的 *Diploöspora* 属相关序列来看,这个属极有可能也是复合属,已报道的长孢卵单隔孢霉及其两个亚种与 *Diploöspora* 属已登记的其他 5 个种的 ITS 碱基序列差异很大,从理论上讲可能并不都属于 *Diploöspora* 属,但由于已报道的种极少,难以建立系统性的分类标准,更多分类细节还需进一步研究予以验证。

在生产中发现,从未种植过羊肚菌的大棚内也会暴发菌盖干腐病。长孢卵单隔孢霉的来源可能有两个。He 等认为长孢卵单隔孢霉是羊肚菌的内生菌,他们从健康的梯棱羊肚菌中分离到长孢卵单隔孢霉,且分离频率高达 10%^[3]。但不排除他们的分离材料已感染了病原菌,但还未表现症状。我们在大量纯培养的羊肚菌平板上未发现类似长孢卵单隔孢霉的污染菌落。从 GenBank 和 USDA 中已报道的菌株来看,长孢卵单隔孢霉还可从豪猪粪便、人类皮肤、芋 *Colocasia antiquorum* var. *esculenta* 和代儿茶 *Dichrostachys cinerea* 等多种材料上分离得到^[14-15],说明长孢卵单隔孢霉在环境中有一定分布,在条件适宜时即可导致羊肚菌发生菌盖干腐病。

本研究发现,长孢卵单隔孢霉对不同 pH 的适应性极强,菌丝在 pH 为 6~11 的条件下都可较快生长,孢子萌发率也高于 50%,而多数羊肚菌栽培种菌丝及子实体生长最适 pH 为 6.5~7.5, pH 超过 8 即显著抑制菌丝生长和子实体形成^[16],说明传统的石灰土壤消毒法不但不能有效抑制该菌在土壤中的潜藏,还会造成羊肚菌减产。本研究表明,长孢卵单隔孢霉在 30℃ 以上的温度下其菌丝停止生长,孢子也失去萌发性能,说明该菌对高温非常敏感,在生产中可以利用这一特征来防治该菌对羊肚菌的侵染,如利用火焰消毒法对栽培地进行高温消毒,降低

羊肚菌栽培土壤中病害初侵染源的数量。杜习慧等调查发现,在野外火烧迹地里很容易发现野生羊肚菌,且第一年大量出菇,在随后的 2~3 年里逐渐消失^[17],极有可能与高温火烧改变病原菌在土壤里的种群分布有直接的关系,下一步还需进一步研究。

参考文献

- [1] GUO Mengpei, CHEN Kang, WANG Gangzheng, et al. First report of stipe rot disease on *Morchella importuna* caused by *Fusarium incarnatum*, *F. equiseti* species complex in China [J]. *Plant Disease*, 2016, 100(12):2530.
- [2] HE Xiaolan, PENG Weihong, MIAO Renyun, et al. White mold on cultivated morels caused by *Paecilomyces penicillatus* [J]. *FEMS Microbiology Ecology*, 2017, 364(5): 1-5.
- [3] HE Peixin, LI Congcong, CAI Yingli, et al. First report of pileus rot disease on cultivated *Morchella importuna* caused by *Diploöspora longispora* in China [J]. *Journal of General Plant Pathology*, 2017, 84(1): 65-69.
- [4] 余苗,尹琪,何培新. 羊肚菌白腐病病原菌的分离与鉴定[J]. *北方园艺*, 2020(7): 142-145.
- [5] 刘伟,蔡英丽,何培新,等. 羊肚菌栽培的病虫害发生规律及防控措施[J]. *食用菌学报*, 2019, 26(2):128-134.
- [6] 张颖慧,魏东盛,邢来君,等. 一种改进的丝状真菌 DNA 提取方法[J]. *微生物学通报*, 2008, 35(3):466-469.
- [7] MAHARACHCHIKUMBURA S S N, GUO Liangdong, CAI Lei, et al. A multi-locus backbone tree for *Pestalotiopsis*, with a polyphasic characterization of 14 new species [J]. *Fungal Diversity*, 2012, 56(1):95-129.
- [8] 周晓榕,高翔,王建国,等. 营养和农药对蜡蚧轮枝菌生长发育的影响[J]. *植物保护*, 2006, 32(5): 23-25.
- [9] 张晓勇,李树江,王亮,等. 山茶灰斑病病原菌鉴定及防治药剂初步筛选[J]. *植物保护*, 2019, 45(4): 209-215.
- [10] MATSUSHIMA T. *Icones microfungorum a matsushima lectorum* [M]. Japan: Kobe, 1975: 61.
- [11] SAMSON R A. *Paecilomyces* and some allied *Hyphomycetes* [J]. *Studies in Mycology*, 1974, 6:1-119.
- [12] 刘伟,蔡英丽,何培新,等. 羊肚菌栽培的病虫害发生规律及防控措施[J]. *食用菌学报*, 2019, 26(2):128-134.
- [13] INGLIS P, TIGANO M. Identification and taxonomy of some entomopathogenic *Paecilomyces* spp. (Ascomycota) isolates using rDNA-ITS sequences [J]. *Genetics and Molecular Biology*, 2006, 29(1):132-136.
- [14] U. S. National Library of Medicine. National center for biotechnology information [EB/OL]. [2021-01-30]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>.
- [15] United States Department of Agriculture. Agricultural research service: fungal databases [EB/OL]. [2021-01-30]. <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases>.
- [16] 贺新生. 羊肚菌生物学基础、菌种分离制作与高产栽培技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2017: 82.
- [17] 杜习慧,赵琪,杨祝良. 羊肚菌的多样性、演化历史及栽培研究进展[J]. *菌物学报*, 2014, 33(2):183-197.

(责任编辑:杨明丽)

书 讯

《微生物农药研发与管理》

为了推动微生物农药的研发和应用,支持农业绿色高质量发展,中国农业科学院植物保护研究所与农业农村部农药检定所相关创新团队成员,近期完成了《微生物农药研发与管理》,由中国农业科技出版社出版。全书近 60 万字,分为十章,系统总结了近三十年来国内外细菌、真菌、病毒等不同类别微生物农药的特点特性、作用机理、生产与应用方面的研究进展和新趋势,汇总了微生物农药剂型、质量、有效性与安全性评价相关标准和准则的发展,简述了登记管理现状和政策新变化。截至目前,全球登记注册的微生物农药有效成分达到 153 个物种(含株系),按类别细菌、真菌、病毒分别占 35.3%、38.6%和 26.1%,按区域列前三位的是美国 146、欧盟 50、中国 47。2020 年 FAO/WHO 的 JMPS 会议提议,拟修订《FAO/WHO 农药标准制定和使用手册》由总一册改为微生物农药、化学农药的两分册,体现了微生物农药的性能特殊性和发展重要性。此书为微生物农药的科研、教学、生产、技术推广和政府管理提供较全面的参考资料。

此书各章标题:

第一章 概述

第二章 细菌类微生物农药

第三章 真菌类微生物农药

第四章 病毒类微生物农药

第五章 其他种类微生物农药

第六章 微生物农药的剂型与产品

第七章 微生物农药质量及标准规范

第八章 我国微生物农药登记与管理

第九章 境外微生物农药登记与管理

第十章 微生物农药发展前景

主要出版信息:北京:中国农业科学技术出版社,2021.6,ISBN 978-7-5116-5340-6,

S482.1,中国版本图书馆 CIP 数字核字(2021)第 108540 号。定价 168 元。

联系人:中国农业科学技术出版社,姚欢,010-82106631;中国农业科学院植物保护研究所,农向群,13651305258, nongxiangqun@caas.cn。

