

## 暗色丝孢菌中 2 个中国新记录种和 1 个中国大陆新记录种

肖仲久<sup>1,2,3</sup>, 刘 婷<sup>2,3</sup>, 钱正敏<sup>2,3</sup>, 李小霞<sup>1,3</sup>, 杨 泽<sup>2</sup>, 陆铮铮<sup>2,3</sup>, 宋培勇<sup>2,3</sup>,  
陈模芳<sup>1,3</sup>

1. 遵义师范学院资源与环境学院, 贵州遵义 563002; 2. 遵义师范学院生物与农业科技学院(食品科技学院), 贵州遵义 563002; 3. 贵州省赤水河流域植物资源保护与应用特色重点实验室, 贵州遵义 563002

**摘要:** 本研究报道了暗色丝孢菌中 2 个中国新记录种 (*Beltraniella fertilis* Heredia, R.M. Arias, M. Reyes & R.F. Castañeda、*Subulispora cylindrospora* P.M. Kirk) 和 1 个中国大陆新记录种 (*Subulispora procurvata* Tubaki), 标本采集于贵州省宽阔水国家级自然保护区和习水国家级自然保护区。本研究提供了各种详细的形态学描述、图片及 *B. fertilis* 和 *S. procurvata* 的 ITS 和 LSU 序列。标本保存于在遵义师范学院真菌学标本室 (HMZNC)。

**关键词:** 暗色丝孢菌; 新记录种; 分类

中图分类号: Q939.5 文献标识码: A

## Two New Records and One Mainland New Record of *Dematiaceous hyphomycetes* in China

XIAO Zhongjiu<sup>1,2,3</sup>, LIU Ting<sup>2,3</sup>, QIAN Zhengmin<sup>2,3</sup>, LI Xiaoxia<sup>1,3</sup>, YANG Ze<sup>2</sup>, LU Zhengzheng<sup>2,3</sup>,  
SONG Peiyong<sup>2,3</sup>, CHEN Mofang<sup>1,3</sup>

1. College of Resources and Environment, Zunyi Normal University, Zunyi, Guizhou 563002, China; 2. College of Biological and Agriculture (College of Food Science and Technology), Zunyi Normal University, Zunyi, Guizhou 563002, China; 3. Key Laboratory of Regional Characteristics for Conservation and Utilization of Plant Resource in Chishui River Basin, Zunyi, Guizhou 563002, China

**Abstract:** Two new records and one mainland new record of *Dematiaceous hyphomycetes* from China, *Beltraniella fertilis* Heredia, R.M. Arias, M. Reyes & R.F. Castañeda, *Subulispora cylindrospora* P.M. Kirk and *Subulispora procurvata* Tubaki were reported. The specimens were collected from Kuankuoshui National Nature Reserve and Xishui National Nature Reserve of Guizhou. Morphological description, figures were provided for each species, ITS and LSU sequence were provided for *B. fertilis* and *S. procurvata*. The specimens are deposited in the Mycological Herbarium of Zunyi Normal College (HMZNC).

**Keywords:** *Dematiaceous hyphomycetes*; new records; taxonomy

**DOI:** 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.01.008

*Beltraniella* 由 SUBRAMANIAN<sup>[1]</sup>在马德拉斯(印度港市)从枯死的厚皮树 *Odina wodier* Roxb.[=*Lanea coromandelica*(Houtt.) Merr.] 的叶片上获得菌株, 以 *B. odinae* Subram.为模式种建立的。目前该属在 Index Fungorum 中共有 29

个种被记录, 其中 *B. porosa* Piroz. & S.D. Patil [= *Porobeltraniella porosa* (Piroz. & S.D. Patil) Gusmão]和 *B. patilii* K.G. Karand. & Patw. [= *Porobeltraniella patilii* (K.G. Karand. & Patw.) Gusmão]2 个种的分生孢子最宽处有圆形孔带, 因

收稿日期 2022-04-02; 修回日期 2022-06-21

基金项目 贵州省教育厅创新群体重大项目(黔教合 KY 字[2020]026 号);遵义市科技计划项目(遵市科合 HZ 字[2021]195 号);遵义师范学院“服务地方产业革命”项目(遵师合地方产业字[2020]04 号)。

作者简介 肖仲久(1980—), 男, 硕士, 教授, 研究方向: 真菌与真菌资源利用; E-mail: xzj198099@163.com。

此 FERNANDO 等<sup>[2]</sup>将这 2 个种移入 *Porobeltraniella* Gusmão 中, 现今 *Beltraniella* 有效种共 27 个。该属典型特征如下: 刚毛状分生孢子梗的隔膜处易产生侧向分枝, 分枝可进一步分支形成产孢细胞或分离细胞, 其上以顶侧生方式产生鼻甲或倒圆锥形, 0 个隔膜, 光滑, 半透明至浅褐色, 具明显透明横带的分生孢子。该属产孢方式及分生孢子的形状与 *Beltrania* Penz.、*Beltraniopsis* Bat. & J.L. 和 *Porobeltraniella* 相似, *Beltrania* 的分生孢子梗产生于刚毛的基部细胞或单独的放射状浅色细胞, 分生孢子双锥形, 顶端常具透明丝状附属物; *Beltraniopsis* 不分枝或分枝的刚毛状分生孢子梗产生不对称双锥形且顶端具短喙的分生孢子; *Porobeltraniella* 不育的侧刚毛上产生产孢装置 (产孢细胞), 其上产生具透明、多个赤道孔的分生孢子<sup>[2-4]</sup>。

*Subulispora* 由 TUBAKI 等<sup>[5]</sup>在日本的长尾栲 (*Castanopsis cuspidata* Schottky var. *sieboldii*) 获得菌株, 以 *S. procurvata* Tubaki 作为模式种建立, 随后在瓜达尔卡纳岛、坦桑尼亚、肯尼亚、印度、巴西和中国台湾等有报道。目前该属在 Index Fungorum 中有 16 个种, 其中 *S. hareae* B. Sutton 因分生孢子链生, KIRK<sup>[6]</sup>将 *S. hareae* [= *Polyscytalum hareae* (B. Sutton) P.M. Kirk] 移入 *Polyscytalum* Riess 中; 而 *S. gracile* (Matsush.) de Hoog 和 *S. variabile* de Hoog 分生孢子梗的薄壁、透明, CASTAÑEDA 等<sup>[7]</sup>将这 2 个种移入 *Cylindrosyndium* W.B. Kendr. & R.F. Castañeda 中, 故该属目前共有 13 个有效种。该属典型特征如下: 粗大, 褐色, 曲膝延伸, 具明显锯齿形的分生孢子梗顶生单生, 苍白色, 锥形或圆柱形, 直或弯曲, 基部平截, 具 0 或多个隔膜的分生孢子。*Subulispora* 在产孢方式及分生孢子形状上与 *Cylindrosyndium*、*Polyscytalum*、*Mirandina* G. Arnaud ex Matsush. 和 *Parasympodiella* Ponnappa 四个属相似, 其中 *Cylindrosyndium* 分生孢子梗半透明至透明; *Polyscytalum* 分生孢子梗合轴式延伸, 但具不明显锯齿, 分生孢子链生; *Mirandina* 分生孢子梗顶部区域膨大、聚集圆柱形小齿, 分生孢子纺锤形; *Parasympodiella* 分生孢子梗以体生式方式产生链生分生孢子。

*Beltraniella* 和 *Subulispora* 隶属于暗色丝孢菌 (dematiaceous hyphomycetes), 该类群真菌在自然生态系统中对木质素、纤维素降解, 物质和能

量循环转化及在维持生态系统平衡中具有重要的生态学作用<sup>[8-10]</sup>。因此, 目前深入系统地开展暗色丝孢真菌的鉴定, 对丰富我国该类真菌资源及后续对该类真菌开展降解有机物、维持生态系统平衡等研究均具有重要的支撑意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2018—2019 年 7—8 月、10—12 月, 采集贵州省习水国家级自然保护区和贵州省宽阔水国家级自然保护区的不同生境下的凋落枯枝落叶 (腐烂适中), 标注采集地、时间、基质 (可辨认)、海拔和经纬度等。

### 1.2 方法

将采集的凋落枯枝裁剪成 6~7 cm 小段, 置入铺有湿润吸水纸的塑料培养皿内 (落叶可整片保湿在磁盘内), 不定期保湿, 25℃ 培养, 以备镜检。将上述凋落枯枝落叶置于 SMZ 745T 体视显微镜下, 用细挑针挑取菌株制成临时玻片, 在 Eclipse E200 生物显微镜下选取合格的临时玻片制成永久玻片; 随后在 ECLIPSE Ni 微分干涉显微镜和 SMZ745T 体视显微镜下分别根据菌株的形态大小和基质上菌落大小在相应的倍数下拍照, 用 Image-Pro Plus 5.0 软件和 Adobe Photoshop CS6 进行测量及组图, 通过查阅相关资料, 结合菌株形态特征及相关测量数据进行属、种的形态学鉴定。

将分离成功的菌株进行基因组 DNA 提取 [真菌基因组 DNA 提取试剂盒, 天根生化科技 (北京) 有限公司], 选择引物 ITS4/ITS5 和 28S1/28S3<sup>[11]</sup>; 使用 50 μL 的 PCR 反应体系, 包括正反向引物各 2 μL, DNA 模板 2 μL, 2×PCR Master Mix 25 μL, ddH<sub>2</sub>O 19 μL。扩增 ITS 的反应条件为: 94℃ 预变性 5 min; 94℃ 变性 30 s, 57℃ 退火 50 s, 72℃ 延伸 90 s, 35 个循环, 72℃ 延伸 10 min。将获得的 DNA 溶液置于 -20℃ 冰箱保存备用。

测序工作由北京诺赛基因组研究中心有限公司完成。序列剪接使用 Chromas 软件, 序列对比使用 NCBI 中的 Blast 工具。系统发育树的构建采用 Mega X 的 ML (maximum likelihood) 法, 自展重复次数设置为 1000。参与分析的序列包括自测序列 (其 DNA 序列均提交至 GenBank) 和 GenBank 中下载的相似属和同属相似种的序列 (表 1 和表 2)。

表 1 用于构建系统进化树的菌株及 GenBank 登录号

Tab. 1 Strains used in phylogenetic analyses and their corresponding GenBank accession numbers

种名 Specie	引证标本 Specimen voucher	国家/地区 Country/territory	GenBank 登录号 GenBank accession No.	
			LSU	ITS
<i>Subulispora procurvata</i> *	HMZNC 0814	China	MT152834.1	MT242512
<i>Subulispora procurvata</i>	CBS 567.71	Japan		MH860265.1
<i>Subulispora biappendiculata</i>	CBS 121489	Malaysia	MH874667.1	MH863112.1
<i>Subulispora britannica</i>	ICMP:14767	New Zealand		EF029198.1
<i>Subulispora rectilineata</i>	CBS 568.71	Japan	MH872029.1	MH860266.1
<i>Mirandina</i> sp.	CBS 248.68	Denmark	MH859127.1	MH870839.1
<i>Cylindrosyodium variable</i>	CBS 563.82	Netherlands	MH873272.1	MH861528.1
<i>Cylindrosyodium lauri</i>	LR4	China		KM520019.1
<i>Polyscytalum eucalyptigenum</i>	CPC 28762	Malaysia	KY173477.1	KY173383.1
<i>Polyscytalum eucalyptigenum</i>	CBS:143388	Chile	MH107955.1	MH107909.1
<i>Polyscytalum neofecundissimum</i>	CBS:143390	Ukraine	MH107956.1	MH107910.1

注: \*代表本研究菌株。

Note: \* represent the strain in this study.

表 2 用于构建系统进化树的菌株及 GenBank 登录号

Tab. 2 Strains used in phylogenetic analyses and their corresponding GenBank accession numbers

种名 Specie	引证标本 Specimen voucher	国家/地区 Country/territory	GenBank 登录号 GenBank accession No.	
			LSU	ITS
<i>Beltraniella fertilis</i> *	HMZNC 0810	China	MT250927	MT152835.1
<i>Beltraniella fertilis</i>	MRC 3BEL	Thailand	MF580254.1	MF580247.1
<i>Beltraniella fertilis</i>	MRC 2-1	Thailand	MF580253.1	MF580246.1
<i>Beltraniella fertilis</i>	MRC 4-1	Thailand	MF580255.1	MF580248.1
<i>Beltraniella pseudoportoricensis</i>	CBS:145547	South Africa	MK876416.1	MK876377.1
<i>Beltraniella humicola</i>	CBS 203.64	India	MH870044.1	MH858416.1
<i>Beltraniella endiandrae</i>	CPC 22193	Australia	KJ869185.1	KJ869128.1
<i>Beltraniella botryospora</i>	TMQa1A18	Japan	AB496426.1	
<i>Beltraniella carolinensis</i>	G-cla2-LSU2_OTU-0-222_2	Taiwan region of China	MF333572.1	
<i>Beltraniella pandanicola</i>	MFLUCC 18-0121	Thailand	MH260281.1	MH275049.1
<i>Beltraniella portoricensis</i>	NFCCI 3993	India	KX519522.1	KX519516.1
<i>Beltraniella thailandica</i>	MFLUCC 16-0377	Thailand	MH260282.1	MH275050.1
<i>Beltrania rhombica</i>	CBS 123.58	Mozambique	MH869260.1	MH857718.1
<i>Beltrania sinensis</i>	JS43	China	MN077266.1	MN077366.1
<i>Porobeltraniella porosa</i>	NFCCI 3994	India	KX519524.1	KX519518.1
<i>Beltraniopsis longiconidiophora</i>	MRC 6-1	Thailand	MF580249.1	MF580256.1

注: \*代表本研究菌株。

Note: \* represent the strain in this study.

## 2 结果与分析

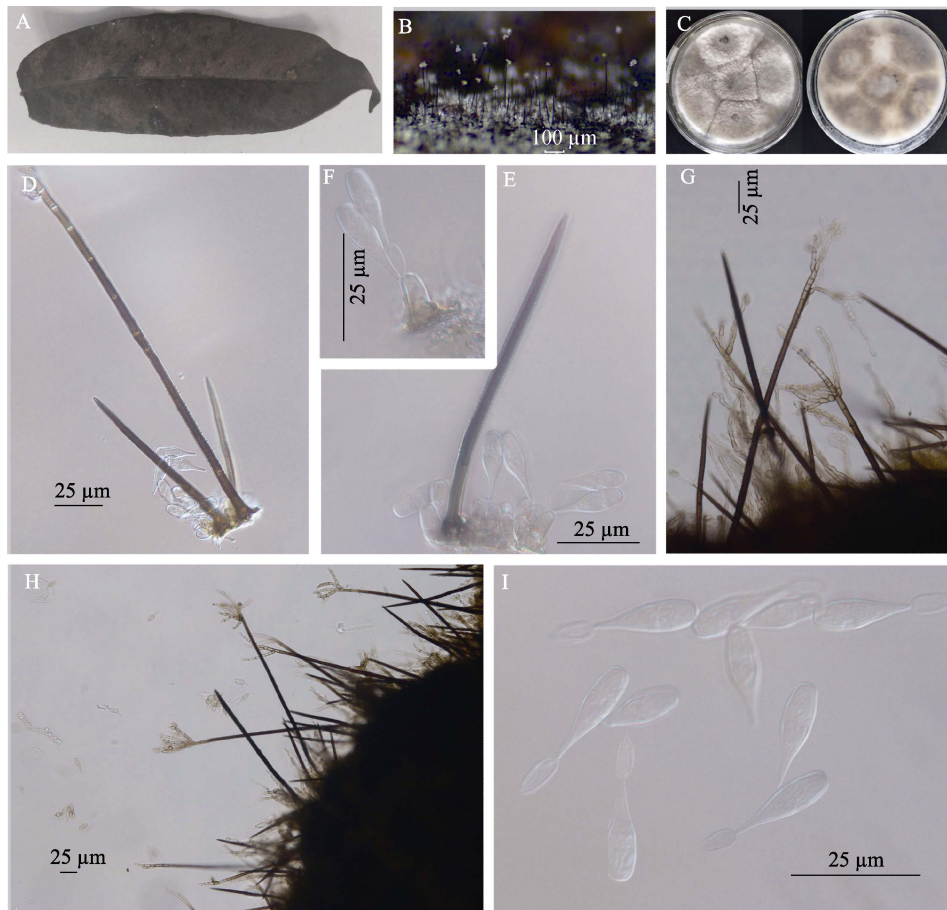
### 2.1 可育小贝氏孢 (*Beltraniella fertilis* Heredia, R.M. Arias, M. Reyes & R.F. Castañeda)

在腐烂的枯叶上腐生。有性态: 未发现。无性态: 菌落腐生在叶片的两面, 舒展, 薄壁, 灰褐色; 在 PCA 培养基上, 菌落最初白色, 随后变为灰色至灰褐色。菌丝部分埋生在基质内, 由具

隔、分枝、壁光滑、半透明至浅褐色, 宽 1.5~2  $\mu\text{m}$  的菌丝体组成。刚毛简单, 产生于放射状、浅裂的基部细胞, 宽 6.5~15.5  $\mu\text{m}$ , 直立, 直或稍弯曲, 单生或少部分聚集, 黑褐色, 薄壁, 0~3 个隔膜, 长 57~125  $\mu\text{m}$ , 基部和顶部光滑, 中下部具有稀疏的疣状突起, 中下部宽 4~5  $\mu\text{m}$ , 顶部逐渐变细, 浅褐色。分生孢子梗粗大, 单生, 具长的刚毛状

和短的非刚毛状 2 种类型：长的刚毛状的分生孢子梗产生于放射状、浅裂的基部细胞，单生或小簇聚生，直，7~12 个隔膜，大小  $156\sim 392\ \mu\text{m}\times 4.5\sim 8\ \mu\text{m}$ ，基部和顶部光滑，中下部具有稀疏的疣状突起，厚壁，顶部区域分枝；短的非刚毛状分生孢子梗分枝，0~2 个隔膜，壁光滑，半透明至透明，薄壁， $6\sim 12\ \mu\text{m}\times 3.5\sim 5.5\ \mu\text{m}$ 。产孢细胞多芽

生，合生，端生，棍棒状至圆柱形，顶端或亚顶端具小齿，浅褐色， $6\sim 12\ \mu\text{m}\times 3\sim 5\ \mu\text{m}$ 。分离细胞卵圆形或倒卵形，薄壁，光滑，透明， $6.5\sim 11\ \mu\text{m}\times 3.5\sim 5.5\ \mu\text{m}$ ，两端各具一个小齿。分生孢子直接产生与产孢细胞上或产生于分离细胞上，远极端平截，近极端具喙状凸起，光滑，赤道带以上具半透明至浅橄榄色的横带， $17\sim 23\ \mu\text{m}\times 5\sim 7\ \mu\text{m}$ （图 1）。



A: 基质; B: 基质上的分生孢子梗和分生孢子; C: PCA 培养基上的菌落 (正反面); D: 自然基质上 1 根长刚毛状分生孢子梗 (顶端分枝且可育)、2 根短刚毛和部分脱落的分生孢子; E: 自然基质上的刚毛、短的分生孢子梗和分生孢子; F: 自然基质上的短的分生孢子梗、分离细胞和分生孢子; G~H: PCA 上的分生孢子梗和分生孢子; I: 分生孢子和分离细胞。

A: Substratum; B: Conidiophores and conidia on natural substratum; C: Colony on PCA (surface and reverse); D: One long setiform conidiophore (branched and fertile at the apical region), two short setae and partially detached conidia on natural substratum; E: One seta, short conidiophores with separating cells and conidia on natural substratum; F: Short conidiophore with separating cell and conidia (enlarged); G~H: Conidiophores and conidia on PCA; I: Separating cells and conidia.

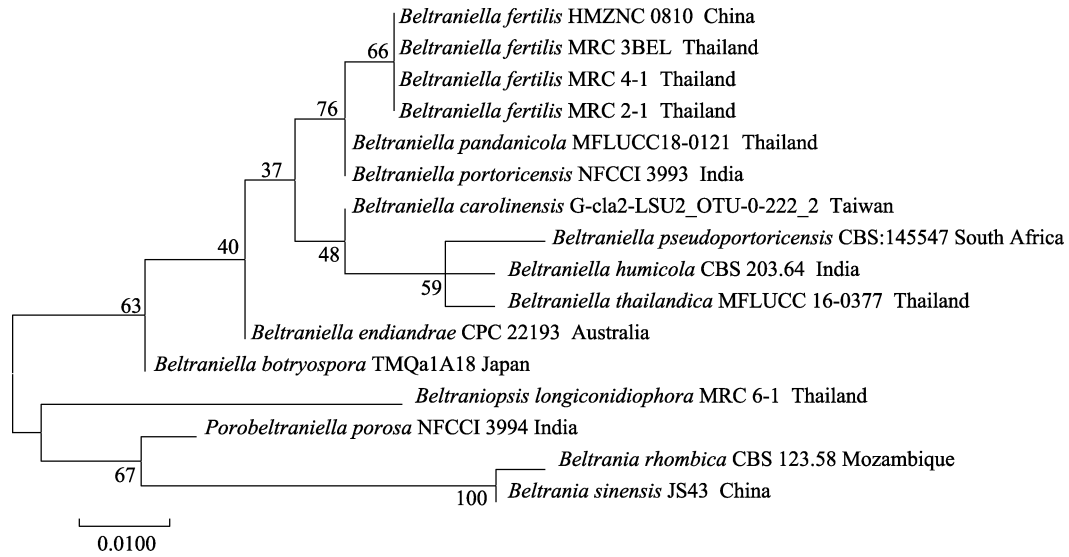
图 1 可育小贝氏孢 (HMZNC0810)

Fig. 1 *Beltraniella fertilis* (HMZNC0810)

研究标本：贵州省习水国家级自然保护区， $28^{\circ}31'2.04''\text{N}$ ， $106^{\circ}23'56.05''\text{E}$ ，海拔 1033.9 m；基质为广玉兰 (*Magnolia Grandiflora* L.) 凋落枯叶；2019 年 7 月 25 日；标本号为 HMZNC0810。

*Beltraniella* 所记录的 27 个有效种中与菌株相似的种为 *B. fertilis* Heredia, R.M. Arias, M. Reyes & R.F. Castañeda、*B. ramosiphora* C.G. Lin & K.D.

Hyde 和 *B. pseudoportoricensis* Crous，其中 *B. ramosiphora* 的长分生孢子梗不分枝，且短的分生孢子梗较长 ( $20\sim 55\ \mu\text{m}$ )<sup>[12]</sup>，*B. pseudoportoricensis* 的分生孢子较长些 ( $25\sim 27\ \mu\text{m}$ )<sup>[13]</sup>；而 *B. fertilis* 与本菌株相比分生孢子的长度 ( $19\sim 22\ \mu\text{m}$  vs  $17\sim 23\ \mu\text{m}$ ) 基本一致<sup>[14]</sup>，同时在刚毛、2 种类型的分生孢子梗、分离细胞上也基部一致。从图 2



分支节点的数字表示自展值，标尺表示每个核苷酸位点上的 0.01 替换值。

The numbers in branch points denote bootstrap values, the scale bar represents 0.01 substitutions per nucleotide position.

图 2 基于 LSU 和 ITS 序列对可育小贝氏孢构建的进化树

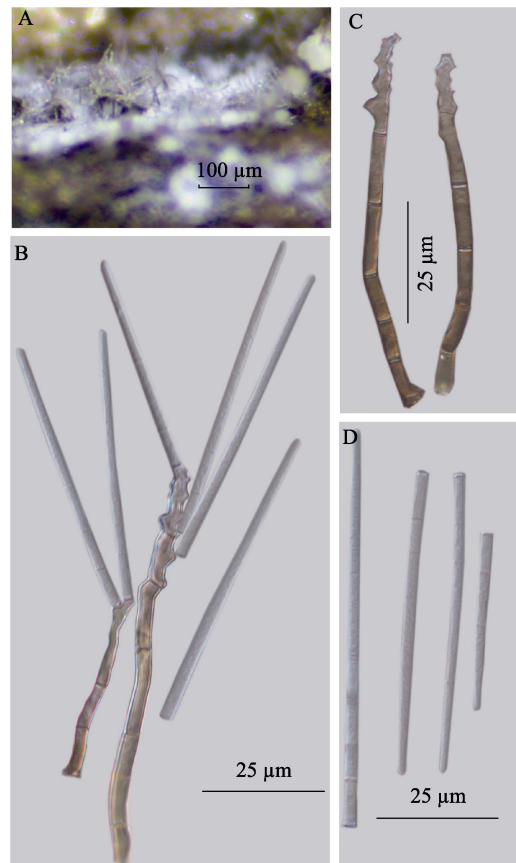
Fig. 2 Phylogenetic tree of *Beltraniella fertilis* generated based on combined LSU and ITS sequences

可知，各菌株明显分为 2 支，*Beltraniella* 所供试菌株均在一个亚枝上，菌株 (HMZNC 0810) 与 *B. fertilis* 的亲缘关系最近，与 *Beltraniella* 的其他种能明显分开；另外，菌株在形态与相似属种也存在较大差异。结合形态特征和系统学分析，将菌株 (HMZNC 0810) 定为 *B. fertilis*。*B. fertilis* 在墨西哥韦拉克鲁斯、泰国、巴西有报道，但在中国属于首次报道，故将其定为中国新记录种。

### 2.2 柱孢锥孢 (*Subulispora cylindrospora* P.M. Kirk)

在枯枝上腐生。有性态：未发现。无性态：菌落舒展，薄壁，绒毛状，灰褐色。菌丝部分埋生在基质内，由光滑、分枝、具隔、浅褐色菌丝体组成。分生孢子梗粗大，单生，直立，简单，直或稍弯曲，上部具明显的膝曲状，呈“之”字形，褐色，顶部浅色，光滑，2~5 个隔膜，大小 33~78  $\mu\text{m}$  × 2.5~4.3  $\mu\text{m}$ ，基部宽 3~5.7  $\mu\text{m}$ 。产孢细胞合生，端生，多芽生，合轴式延伸，具明显的产孢痕。分生孢子单生，干质，顶侧生，光滑，透明，圆柱形，稍锥型，顶部钝圆，基部平截，并具一个增厚、稍显色素的疤痕，(2-) 5~6 (-8) 个真隔膜，大小 34.7~77  $\mu\text{m}$  × 2~3  $\mu\text{m}$  (图 3)。

研究标本：贵州省宽阔水国家级自然保护区，28°02'3.2"N，107°10'51.24"E；海拔 1103 m；基质为未鉴定枯枝；2019 年 7 月 26 日；标本号为 HMZNC0813。



A: 自然基质上的分生孢子梗和分生孢子；B: 分生孢子梗和分生孢子；C: 分生孢子梗和以曲膝式方式延伸的产孢细胞；D: 不同长度的分生孢子。

A: Conidiophores and conidia on natural substratum; B: Conidiophores and conidia; C: Conidiophores, conidiogenous cells with geniculate elongations; D: Conidia of different lengths.

图 3 柱孢锥孢 (HMZNC0813)

Fig. 3 *Subulispora cylindrospora* (HMZNC0813)

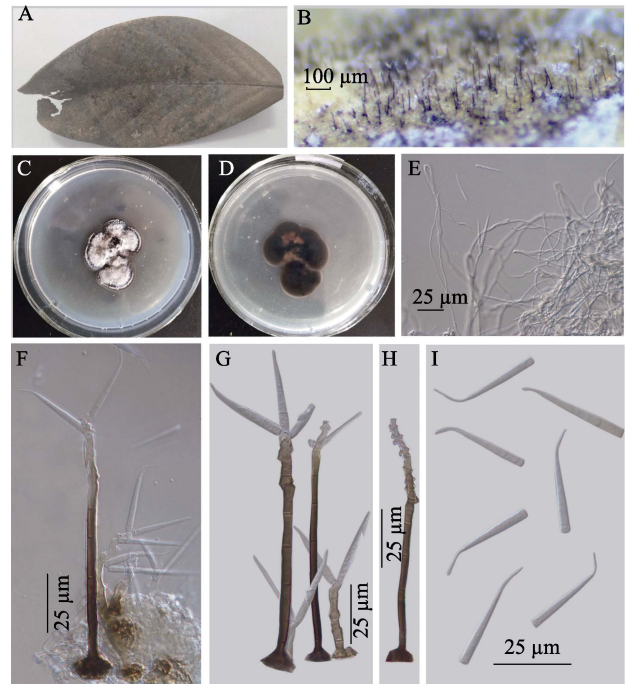
*Subulispora* 所记录的 13 个有效种中, 分生孢子为圆柱形且顶端无附属物的种为 *S. minima* P.M. Kirk、*S. africana* P.M. Kirk 和 *S. cylindrospora* P.M. Kirk。*S. minima* 的分生孢子梗较短 (4~15  $\mu\text{m}$ ) 且透明; *S. africana* 的分生孢子隔膜数较少 (3~4 个), 且较短 (31~33  $\mu\text{m}$ ); *S. cylindrospora* 在分生孢子梗长度 (24~68  $\mu\text{m}$ )、分生孢子隔膜数 (5 个) 及大小 (37~56  $\mu\text{m}$ ) (Kirk 1985) 与菌株基本一致<sup>[15-17]</sup>。HMZNC 0813 菌株在 PDA、PCA 等不同培养基上进行单孢分离, 通过平板划线分离法进行分离纯化, 可能由于自然基质上存在过多的杂菌、目的菌株数量较少、不集中、目的菌株上表面附带其他菌类等原因, 最终未获得纯菌种, 但通过形态学特点及测量数据, 可将其明确定为 *S. cylindrospora*。*S. cylindrospora* 在国外肯尼亚有报道, 但在中国未见报道, 因此将该菌株定为中国新记录种。

### 2.3 前弯锥孢 (*Subulispora procurvata* Tubaki)

在枯枝上腐生。有性态: 未发现。无性态: 菌落生长在叶子的两面, 舒展, 薄壁, 绒毛状, 灰褐色; 在 PCA 培养基上最初白色, 后期灰色至灰褐色, 而 PCA 的反面深褐色。菌丝部分埋生在基质内, 由光滑、分枝、具隔、浅褐色, 宽 2~2.5  $\mu\text{m}$  的菌丝体组成。分生孢子梗粗大, 单生或少数聚生, 直立或稍弯曲, 上部明显的膝曲弯曲, 呈“之”字形, 褐色, 顶端浅色, 光滑, 具长和短 2 种类型: 长的分生孢子梗 4~6 个隔膜, 大小 72~145 (-179) $\mu\text{m}$ ×3~5  $\mu\text{m}$ , 产生于放射状浅裂的基部细胞, 宽 9.3~15  $\mu\text{m}$ ; 短的分生孢子梗 0~2 (-3) 的隔膜, 42.5~52.5  $\mu\text{m}$ ×3~5  $\mu\text{m}$ , 产生于放射状浅裂的基部细胞, 褐色, 宽 5~7  $\mu\text{m}$ 。产孢细胞合生, 端生, 多芽生, 合轴式延伸, 具明显的产孢痕。分生孢子单生, 干质, 顶侧生, 光滑, 透明, 锥形, 0~3 个隔膜, 长 25~33.5  $\mu\text{m}$  (不包括附属喙), 平截的基部宽 2.2~3.5  $\mu\text{m}$ , 基部弯曲的顶端延伸形成一个细长的附属喙, 6~11.6  $\mu\text{m}$ ×0.8~1.1  $\mu\text{m}$  (图 4)。

研究标本: 贵州省宽阔水国家级自然保护区, 28°15'2.25"N, 107°11'18.70"E, 海拔 1314.5 m; 基质为未鉴定的凋落枯叶; 2019 年 7 月 26 日; 标本号为 HMZNC0814。

*Subulispora* 所记录的 13 个种中, 在形态上分生孢子锥形、顶端不分枝且具有一定程度弯曲的



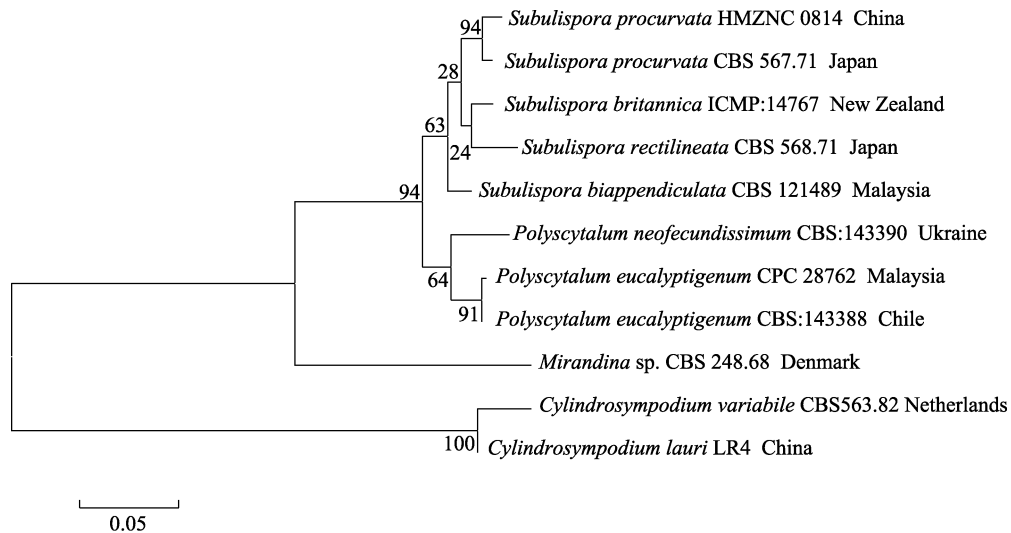
A: 基质; B: 自然基质上的分生孢子梗和分生孢子; C~D: PCA 培养基上的菌落 (正面和反面); E: PCA 培养基上的分生孢子梗和分生孢子; F~G: 自然基质上长分生孢子梗、短分生孢子梗和分生孢子; H: 长分生孢子梗和曲膝式延伸的产孢细胞; I: 分生孢子。

A: Substratum; B: Conidiophores and conidia on natural substratum; C~D: Colony on PCA (surface and reverse); E: Conidiophores and conidia on PCA; F~G: Long conidiophores, short conidiophores and conidia; H: Long conidiophores and Conidiogenous cells with geniculate elongations; I: Conidia.

图 4 前弯锥孢 (*Subulispora procurvata* (HMZNC0814))

Fig. 4 *Subulispora procurvata* (HMZNC0814)

附属丝的种为 *S. procurvata* Tubaki 和 *S. longirostrata* Nawawi & Kuthub。*S. longirostrata* 的分生孢子具较长的附属丝 (15~25  $\mu\text{m}$ ), 在附属丝的拐点上具弧形缺口<sup>[18]</sup>; *S. procurvata* 的分生孢子梗长度 (20~190  $\mu\text{m}$ )、分生孢子的隔膜数 (3 个)、分生孢子大小 (28~40  $\mu\text{m}$ ) (不包含附着丝) 等<sup>[18]</sup>特征基本与 HMZNC 0814 菌株一致, 但模式种 *S. procurvata* 未提到有 2 种类型的分生孢子梗, 本菌株形态上具明显的 2 种类型的分生孢子。从图 5 可知, 各菌株明显分为 2 支, *Subulispora* 所供试的菌株均聚在一个亚分枝上, 其中 HMZNC 0814 菌株和 *S. procurvata* 以 94% 进化支持率聚为一分支, 亲缘关系最近, 与 *Subulispora* 属的其他种能明显分开。结合形态特征和系统学分析, 将 HMZNC 0814 菌株定为 *S. procurvata*。*S. procurvata* 在日本、巴西、澳大利亚、中国香港等有报道过, 故将其定为大陆新记录种。



分支节点的数字表示自展值，标尺表示每个核苷酸位点上的 0.05 替换值。

The numbers in branch points denote bootstrap values, the scale bar represents 0.05 substitutions per nucleotide position.

图 5 基于 LSU 和 ITS 序列对前弯锥孢构建的进化树

Fig. 5 Phylogenetic tree of *Subulispora procurvata* generated based on combined LSU and ITS sequences

## 参考文献

- [1] SUBRAMANIAN C V. Fungi imperfecti from Madras-III. *Beltraniella* gen. nov.[J]. Proceedings of the Indian Academy of Sciences Section B, 1952, 36(6): 223-228.
- [2] FERNANDO L, GUSMÃO P. *Porobeltraniella* gen. nov. to accommodate two species of *Beltraniella*[J]. Mycologia, 2004, 96(1): 150-153.
- [3] PENZIG O. *Funghi agrumicoli*. Contribuzione allo studio dei funghi parassiti degli agrumi[J]. Michelia, 1882, 2(8): 385-508.
- [4] BATISTA A C, BEZERRA J L. *Beltraniopsis*-novo gênero de fungos dematiaceae[J]. Publicações do Instituto de Micologia da Universidade do Recife, 1960, 296: 1-13.
- [5] TUBAKI K, YOKOYAMA T. Notes on the Japanese *Hyphomycetes*. V[J]. Transactions of the Mycological Society of Japan, 1971, 12(1): 18-28.
- [6] KIRK P M. New or interesting microfungi 1. *Dematiaceous hyphomycetes* from Devon[J]. Transactions of the British Mycological Society, 1981, 76(1): 71-87.
- [7] CASTAÑEDA R F, KENDRICK B. Conidial fungi from Cuba: I[J]. University of Waterloo Biology Series, 1990, 32: 1-53.
- [8] 唐岚, 江厚利, 王义勋, 陈京元, 郑京津. 链格孢属真菌分类研究进展[J]. 湖北林业科技, 2013, 42(4): 47-49.  
TANG L, JIANG H L, WANG Y X, CHEN J Y, ZHENG J J. Advance on taxonomic studies of the genus *Alternaria* fungi[J]. Hubei Forestry Science and Technology, 2013, 42(4): 47-49. (in Chinese)
- [9] 陈洁作, 王慧敏, 郭建伟, 胡文革, 吴楠, 张元明. 羽毛针禾 (*Stipagrostis pennata*) 根鞘暗色丝孢菌降解功能的初步探究[J]. 干旱区地理, 2017, 40(4): 817-823.  
CHEN J Z, WANG H M, GUO J W, HU W G, WU N, ZHANG Y M. *Stipagrostis pennata* rhizosheath dematiaceous hyphomycetes degradation[J]. Arid Land Geography, 2017, 4(4): 817-823. (in Chinese)
- [10] OTHMAN A A, AMER W M, FAYEZM H E. Rhizosheath of Sinai desert plants is a potential repository for associative diazotrophs[J]. Microbiological Research, 2004, 159(3): 285-293.
- [11] WHITE T J, BRUNS T, LEE S, TAYLOR J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics[M]//Innis M A, Gelfand D H, Sninsky J J, White T J, eds. PCR protocols: a guide to methods and applications. San Diego: Academic Press, 1990: 315-322.
- [12] HYDE K D, NORPHANPHOUN C, MAHARACHCHIKUMBURA S S N, BHAT D J, JONES E B G, BUNDHUN D, CHEN Y J, BAO D F, BOONMEE S, CALABON M S, CHAIWAN N, CHETHANA K W T, DAI D Q, DAYARATHNE M C, DEVADATHA B, DISSANAYAKE A J, DISSANAYAKE L S, DOILO M M, DONG W, FAN X L, GOONASEKARA I D, HONGSANAN S, HUANG S K, JAYAWARDENA R S, JEEWON R, KARUNARATHNA A, KONTA S, KUMAR V, LIN C G, LIU J K, LIU N G, LUANGSA-ARD J, LUMYONG S, LUO Z L, MARASINGHE D S, MCKENZIE E H C, NIEGO A G T, NIRANJAN M, PERERA R H, PHUKHAMSAKDA C, RATHNAYAKA A R, SAMARAKOON M C, SAMARAKOON S M B C, SARMA V V, SENANAYAKE I C, SHANG Q J, STADLER M, TIBPROMMA S, WANASINGHE D N, WEI D P, WIJAYAWARDENE N N, XIAO Y P, YANG J, ZENG X Y, ZHANG S N, XIANG M M. Refined families of *Sordariomycetes*[J]. Mycosphere, 2020, 11(1): 305-1059.
- [13] CROUS P W, CARNEGIE A J, WINGFIELD M J, SHARMA R, MUGHINI G, NOORDELOOS M E,

- SANTINI A, SHOUCHE Y S, BEZERRA J D P, DIMA B, GUARNACCIA V, IMREFI I, JURJEVIĆ Ž, KNAPP D G, KOVÁCS G M, MAGISTÀ D, PERRONE G, RĂMĂ T, REBRIEV Y A, SHIVAS R G, SINGH S M, SOUZA-MOTTA C M, THANGAVEL R, ADHAPURE N N, ALEXANDROVA A V, ALFENAS A C, ALFENAS R F, ALVARADO P, ALVES A L, ANDRADE D A, ANDRADE J P, BARBOSA R N, BARILI A, BARNES C W, BASEIA I G, BELLANGER J M, BERLANAS C, BESSETTE A E, BESSETTE A R, BIKETOVA A Y U, BOMFIM F S, BRANDRUD T E, BRANS GROVE K, BRITO A C Q, CANO-LIRA J F, CANTILLO T, CAVALCANTI A D, CHEEWANGKON R, CHIKOWSKI R S, CONFORTO C, CORDEIRO T R L, CRAINE J D, CRUZ R, DAMM U, DE OLIVEIRA R J V, DE SOUZA J T, DE SOUZA H G, DEARNALEY J D W, DIMITROV R A, DOVANA F, ERHARD A, ESTEVE-RAVENTÓS F, FÉLIX C R, FERISIN G, FERNANDES R A, FERREIRA R J, FERRO L O, FIGUEIREDO C N, FRANK J L, FREIRE K T L S, GARCÍA D, GENÉ J, GEŚSIORSKA A, GIBERTONI T B, GONDRA R A G, GOULIAMOVA D E, GRAMAJE D, GUARD F, GUSMÃO L F P, HAITOOK S, HIROOKA Y, HOUBRAKEN J, HUBKA V, INAMDAR A, ITURRIAGA T, ITURRIETA-GONZÁLEZ I, JADAN M, JIANG N, JUSTO A, KACHALKIN A V, KAPITONOV V I, KARADELEV M, KARAKEHIAN J, KASUYA T, KAUTMANOVÁ I, KRUSE J, KUŠAN I, KUZNETSOVA T A, LANDELL M F, LARSSON K H, LEE H B, LIMA D X, LIRA C R S, MACHADO A R, MADRID H, MAGALHÃES O M C, MAJEROVA H, MALYSHEVA E F, MAPPERSON R R, MARBACH P A S, MARTÍN M P, MARTÍN-SANZ A, MATOČEC N, MCTAGGART A R, MELLO J F, MELO R F R, MEŠIĆ A, MICHEREFF S J, MILLER A N, MINOSHIMA A, MOLINERO-RUIZ L, MOROZOVA O V, MOSOH D, NABE M, NAIK R, NARA K, NASCIMENTO S S, NEVES R P, OLARIAGA I, OLIVEIRA R L, OLIVEIRA T G L, ONO T, ORDOÑEZ M E, DE MOTTONI A, PAIVA L M, PANCORBO F, PANT B, PAWŁOWSKA J, PETERSON S W, RAUDABAUGH D B, RODRÍGUEZ-ANDRADE E, RUBIO E, RUSEVSKA K, SANTIAGO A L C M A, SANTOS A C S, SANTOS C, SAZANOVA N A, SHAH S, SHARMA J, SILVA B D B, SIQUIER J L, SONAWANE M S, STCHIGEL A M, SVETASHEVA T, TAMAKEAW N, TELLERIA M T, TIAGO P V, TIAN C M, TKALČEC Z, TOMASHEVSKAYA M A, TRUONG H H, VECHERSKII M V, VISAGIE C M, VIZZINI A, YILMAZ N, ZMITROVICH I V, ZVYAGINA E A, BOEKHOUT T, KEHLET T, LÆSSØE T, GROENEWALD J Z. Fungal planet description sheets[J]. *Persoonia*, 2019, 42: 291-473.
- [14] HEREDIA G, ARIAS R M, REYES M, CASTANEDA-RUIZ R. New anamorph fungi with rhombic conidia from Mexican tropical forest litter[J]. *Fungal Diversity*, 2002, 11: 99-107.
- [15] MORGAN-JONES G, SINCLAIR R C, EICKER A. Notes on *Hyphomycetes*. XLIV. new and rare *Dematiaceous* species from the Transvaal[J]. *Mycotaxon*, 1983, 17: 301-316.
- [16] KIRK P M. New or interesting microfungi III. a preliminary account of microfungi colonizing *Laurus nobilis* leaf litter[J]. *Transactions of the British Mycological Society*, 1981, 77: 457-473.
- [17] KIRK P M. New or interesting microfungi XIV. *Dematiaceous hyphomycetes* from Mt Kenya[J]. *Mycotaxon*, 1985, 23: 305-352.
- [18] NAWAWI A, KUTHUBUTHEEN A J. A new species of the genus *Subulispora*[J]. *Mycotaxon*, 1987, 30: 459-463.