

采自海南省的环纹炭团菌属 3 个中国新记录种

唐 珂^{1,2}, 朱安红³, 宋子坤^{1,2}, 李 玉^{1*}, 马海霞^{2*}

1. 吉林农业大学植物保护学院, 吉林长春 130118; 2. 中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 海南海口 571101; 3. 中国热带农业科学院, 海南海口 571101

摘 要: 在形态学研究和分子系统发育分析的基础上, 本研究报道了采集自海南省的环纹炭团菌属 3 个中国新记录种, 分别为白色环纹炭团菌 (*Annulohypoxylon albidiscum*)、班帕登环纹炭团菌 (*A. bahnphadengense*) 和斯普格环纹炭团菌 (*A. spougei*)。根据国内采集标本材料, 文中提供了 3 个新记录种形态特征描述和图示。基于 ITS 序列采用最大似然法和贝叶斯法构建系统发育树, 3 个种均得到分子数据的支持。此外, 将每种都与模式标本的特征进行比较, 并讨论与相似物种的鉴别特征。研究标本现存放于中国热带农业科学院热带生物技术研究所大型真菌标本馆 (FCATAS)。

关键词: 环纹炭团菌属; 新记录种; 热带雨林; 物种多样性

中图分类号: Q949.32

文献标志码: A

Three New Records of *Annulohypoxylon* from Hainan Province of China

TANG Ke^{1,2}, ZHU Anhong³, SONG Zikun^{1,2}, LI Yu^{1*}, MA Haixia^{2*}

1. College of Plant Protection, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China; 2. Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China; 3. Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China

Abstract: Three newly recorded species of China, viz. *Annulohypoxylon albidiscum*, *A. bahnphadengense*, and *A. spougei*, are described and illustrated based on the morphological characters and molecular phylogeny. The specimens were collected from Hainan, China. The detailed morphological features descriptions and photographs were provided for each species. Maximum likelihood analysis and Bayesian inference were used to construct phylogeny trees based on ITS sequences. The three species were supported and confirmed by molecular data. The comparisons between the three Chinese records and holotype specimens were discussed. The specimens are deposited in the Fungarium of Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences (FCATAS).

Keywords: *Annulohypoxylon*; new records; tropical rainforest; species diversity

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.08.009

环纹炭团菌属 (*Annulohypoxylon*), 隶属于子囊菌门 (*Ascomycota*)、粪壳菌纲 (*Sordariomycetes*)、炭角菌目 (*Xylariales*)、炭团菌科 (*Hypoxylaceae*), 模式种为截形环纹炭团菌 [*A. truncatum* (Starbäck) Y.M. Ju, J.D. Rogers & H.M. Hsieh]^[1]。环纹炭团菌属是 HSIEH 等^[2]于 2005 年依据肌动蛋白 (α -actin, ACT) 和微管蛋白

(β -Tubulin, TUB) 序列将炭团菌属 (*Hypoxylon*) 的亚属 (*Annulata*) 提升至属的水平, 与炭团菌属区分开来。环纹炭团菌属 (*Annulohypoxylon*) 与炭团菌属 (*Hypoxylon*) 的主要区别是前者有炭质层围绕子囊壳, 孔口通常具有环形圆盘围绕, 高于子座表面, 子囊孢子壁在芽缝一侧有增厚区域^[3-4]。这些特征也得到了化学分类特征的支持^[5]。

收稿日期 2023-09-13; 修回日期 2023-10-10

基金项目 国家自然科学基金面上项目 (No. 31972848); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (No. 1630052022003)。

作者简介 唐 珂 (1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 大型真菌分类与系统发育学。*通信作者 (Corresponding author): 李 玉 (LI Yu), E-mail: yuli966@126.com; 马海霞 (MA Haixia), E-mail: mahaixia@itbb.org.cn。

环纹炭团菌属 (*Annulohyphoxylon*) 的基物主要是腐烂的木头和植物枯死的茎、叶, 部分种类能够引起植物病害^[6-9]。很多种类分离出新的次生代谢产物和酶^[10-11]。该属在全球范围均有分布, 其中以热带和亚热带居多^[12-16]。根据 Index Fungorum (<https://www.speciesfungorum.org/Names/Names.asp>) 的记载, 截至 2023 年 8 月, 有 89 个名称记录。目前全球该属共有 65 个种, 中国有 24 种^[17-25]。

2020—2023 年, 团队对海南热带雨林国家公园进行大型真菌资源调查过程中, 采集到 3 号环纹炭团菌属标本, 鉴定发现这 3 号标本分别代表了 3 个中国新记录种, 分别是白色环纹炭团菌 (*A. albidiscum* J.F. Zhang, J.K. Liu, K.D. Hyde & Z.Y. Liu)、班帕登环纹炭团菌 (*A. bahnphadengense* J. Fourn. & M. Stadler) 和斯普格环纹炭团菌 (*A. spougei* Suwannasai, M.P. Martín, Phosri & Whalley)。

1 材料与方法

1.1 材料

研究标本采集自中国海南省热带雨林和亚热带常绿阔叶林, 现存放于中国热带农业科学院热带生物技术研究所大型真菌标本馆 (FCATAS)。

1.2 方法

1.2.1 形态学鉴定 采用 MA 等^[26]、SONG 等^[27-28]的研究方法进行鉴定。在野外使用佳能 G15 照相机拍摄真菌生境照片。使用超景深三维显微系统 (VHX-6000, 基恩士, 日本) 对环纹炭团菌的宏观特征包括子座表面、子囊壳的形状及大小进行观察测量。用手术刀切下一小块标本滴入 10% KOH 溶液, 观察染色反应。在进行显微特征观察时, 将取好的组织切片样品分别置于水、Melzer 试剂和 10% KOH 溶液浮载剂中, 通过激光捕获显微分离系统 (Cell Cut Plus, MMI, 德国) 观察子囊和子囊孢子的颜色、形状、大小, 子囊顶环在 Melzer 试剂中是否变蓝, 以及芽缝是否存在等特征, 并随机测量至少 30 个子囊和子囊孢子。

1.2.2 分子生物学鉴定 采用改良的 CTAB 法提取子实体的基因组 DNA。取少量标本, 使用植物 DNA 快提试剂盒 (Magen), 依据其操作说明书的步骤进行真菌 DNA 提取。采用通用引物 ITS5/ITS4, PCR 扩增内部转录间隔区 (ITS) 序列^[29]。扩增体系 50 μ L: 3 μ L 模板 DNA, 引物各 1 μ L, 25 μ L 2 $\times$ Taq Master Mix (东盛生物科技有限公司), 最后用 ddH₂O 补齐。PCR 程序: 94 $^{\circ}$ C

预变性 4 min; 94 $^{\circ}$ C 变性 40 s, 55 $^{\circ}$ C 退火 50 s, 72 $^{\circ}$ C 延伸 1 min, 计 35 个循环; 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min, 4 $^{\circ}$ C 保存。PCR 扩增产物送往华大基因 (广州) 股份有限公司进行测序。随后序列提交至 GenBank, ITS 测序结果通过 NCBI 网站 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) 进行比对, 分析序列的相似性, 初步确定分类地位。

选取同源性较高的序列 (表 1), 利用在线分析网站 mafft (MAFFT alignment and NJ/UPGMA phylogeny) 将序列比对后对齐。使用软件 trimAI 对序列进行剪切, 将剪切后的序列通过 clustalx 1.83 转换为 nxs 格式。通过 RAXML GUI 1.3.1 软件, 构建最大似然法 (ML) 系统发育树。采用 GTRGAMMA 模型, ML+rapid bootstrap 程序, 运行 1000 次重复, 以评估各分支的可信度。通过 MrBayes v.3.2.6 软件, 构建贝叶斯 (BI) 系统发育树。采用 invgamma 模型, 运行 100 万代, 每 100 代采样 1 次。使用 FigTree v1.4.3 软件进行系统发育树美化处理。选取 *Biscogniauxia petrensis* Z.F. Zhang, F. Liu & L. Cai 作为外类群构建系统发育树, BS>70% (左) 和 PP>0.8 (右) 的值在系统树中标注, 自测序列均用粗体标出。

2 结果与分析

2.1 白色环纹炭团菌 (*Annulohyphoxylon albidiscum* J.F. Zhang, J.K. Liu, K.D. Hyde & Z.Y. Liu) (图 1)

形态特征: 子座垫状, 厚 0.6 mm, 子囊壳突起明显, 表面黑色, 初期伴有褐色绒毛层, 后期黑色发亮; 子座表层下颗粒黑色, 炭质; 在 KOH 溶液中组织颜色变为橄榄绿色; 子囊壳下层组织不明显, 褐色, 厚 0.1 mm。子囊壳近球形至倒卵球形, 直径 0.31~0.41 mm, 孔口乳突状, 被 truncatum 型圆盘环绕, 圆盘直径 0.14~0.24 mm。子囊圆柱形, 单囊壁, 内含 8 个子囊孢子, 单列排列, 全长 68~108 μ m, 有孢子部分长 50~76 μ m, 宽 4.1~5.6 μ m, 柄长 12~39 μ m; 顶环在 Melzer 试剂中呈蓝色, 盘状, 高 0.8~1.0 μ m, 宽 1.7~1.8 μ m。子囊孢子褐色至深褐色, 单胞, 不等边椭圆形, 两端窄圆, 7.4~8.9 μ m $\times$ 3.2~4.2 μ m ($\bar{x}$ =8.2 μ m $\times$ 3.8 μ m, n=57), 芽缝直, 与孢子等长; 在 10% KOH 溶液中孢子壁开裂, 光滑; 孢子周壁光滑。

生境: 生于热带雨林无皮木头上。

研究标本: 中国海南省乐东县海南热带雨林

表 1 用于系统发育分析的序列
Tab. 1 Sequences used for phylogenetic analysis

种名 Species	标本号或菌株号 Specimen or strain ID	来源 Origin	GenBank 登录号 GenBank accession No.	参考文献 Reference
<i>Annulohypoxyton albidiscum</i>	MFLUCC 15-0645	NA	KU852741	NA
<i>Annulohypoxyton albidiscum</i>	FCATAS 2766	China	ON740669	本研究
<i>Annulohypoxyton annulatum</i>	CBS 140775 ^(ET)	Texas	KU604559	[1]
<i>Annulohypoxyton archeri</i>	SGNLS-5	NA	MW497176	NA
<i>Annulohypoxyton areolatum</i>	MFLUCC 14-1233 ^(ET)	Thailand	KX376327	[5]
<i>Annulohypoxyton atroroseum</i>	MFLUCC 14-1220	Thailand	KP401581	[30]
<i>Annulohypoxyton bahnphadengense</i>	STMA 13115	Thailand	KX376338	[5]
<i>Annulohypoxyton bahnphadengense</i>	FCATAS 2762	China	OR416117	本研究
<i>Annulohypoxyton crowfoothodgkiniae</i>	BRIP 72527h ^(ET)	Australian	OP599617	[31]
<i>Annulohypoxyton fulvum</i>	MUCL 54622 ^(T)	French Guiana	KX376337	[5]
<i>Annulohypoxyton kwolekiae</i>	BRIP 72473a ^(ET)	Australian	OP599618	[31]
<i>Annulohypoxyton leptascum</i>	MFLUCC 13-0587	Thailand	KU604576	[5]
<i>Annulohypoxyton macrosporum</i>	ST2584	Thailand	DQ322097	NA
<i>Annulohypoxyton maeteangense</i>	CBS 123835	Thailand	KX376322	[5]
<i>Annulohypoxyton massivum</i>	MUCL 47218 ^(T)	China	AM749938	[32]
<i>Annulohypoxyton michelianum</i>	CBS 119993	Spain	KX376320	[1]
<i>Annulohypoxyton microdiscum</i>	BCRC 34018	China	EF026137	[2]
<i>Annulohypoxyton moriforme</i>	CBS 123579	Martinique	KX376321	[1]
<i>Annulohypoxyton nouraguense</i>	MUCL 54607 ^(T)	French Guiana	KX376335	[5]
<i>Annulohypoxyton purpleopigmentum</i>	MUCL 54616	French Guiana	KC968942	[32]
<i>Annulohypoxyton spougei</i>	SWUF09-032	Thailand	FN252419	[33]
<i>Annulohypoxyton spougei</i>	FCATAS 5413	China	OR417347	本研究
<i>Annulohypoxyton squamulosum</i>	BCRC 34022 ^(T)	China	EF026139	[2]
<i>Annulohypoxyton stygium</i>	MUCL 54601	French Guiana	KY610409	[1]
<i>Annulohypoxyton subnitens</i>	MUCL 54594 ^(T)	French Guiana	KX376333	[5]
<i>Annulohypoxyton substygium</i>	MUCL 51708 ^(ET)	Iran	KC968915	[32]
<i>Annulohypoxyton truncatum</i>	CBS 140778 ^(ET)	Texas	KY610419	[1]
<i>Annulohypoxyton urceolatum</i>	MFLUCC 14-1228	Thailand	KP401582	[30]
<i>Annulohypoxyton violaceopigmentum</i>	MFLUCC 14-1225 ^(T)	Thailand	KX376326	[5]
<i>Annulohypoxyton viridistratum</i>	MFLUCC 14-1224 ^(T)	Thailand	KX376325	[5]
<i>Annulohypoxyton yungensis</i>	STMA 14046 ^(T)	Argentina	KX376323	[5]
<i>Biscogniauxia petrensis</i>	HKAS 102388	China	MW240615	[34]

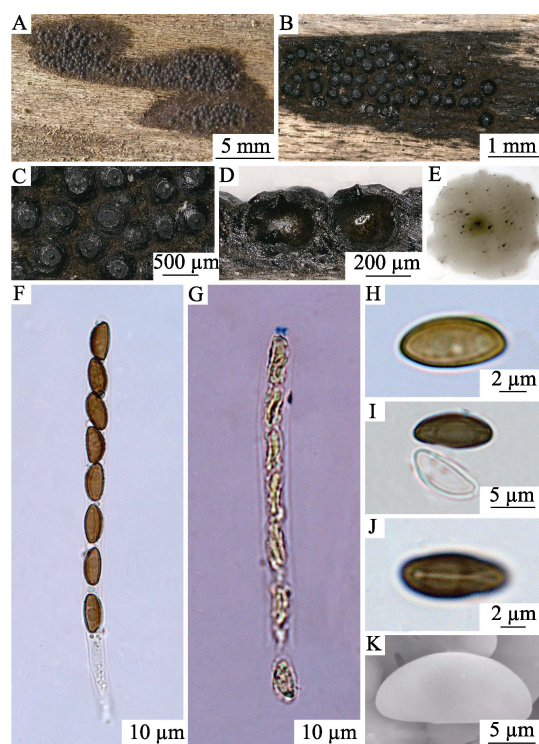
注：加粗登录号表示本研究新测序列；上角标 T、ET 分别表示模式标本、解释模式标本；NA 表示无法获取。
Note: Numbers in bold indicate the newly submitted sequences in this study; “T, ET” represents the type specimen, epitype specimen; NA represents not available.

国家公园尖峰岭片区，2021 年 5 月 27 日，马海霞，FCATAS 2766。

世界分布：中国、泰国^[35]。

讨论：该种的模式标本采集于泰国，除中国标本较泰国标本子囊壳直径略小，白色环纹褪去，其他特征均十分吻合^[35]。基于 ITS 序列系统发育树显示，中国标本 FCATAS 2766（GenBank No.

ON740669）与泰国标本 MFLUCC 15-0645（GenBank No. KU852741）聚为一支（图 2），BS=99%，PP=1.0，可以与形态特征相互印证，从而支持将其鉴定为 *A. albidiscum*。此种与永加斯环纹炭团菌（*Annulohypoxyton yungensis* Sir, Kuhnert, Hladki & A.I. Romero）是近似种，其主要区别为后者子囊孢子较大，为(8.0~9.2)μm×(3.6~4.3)μm^[5]。



A: 子座; B: 子座表面; C: 圆盘和孔口; D: 子囊壳纵切; E: 子座颗粒在 KOH 溶液中的颜色; F: 子囊 (水中); G: 子囊环和子囊 (Melzer 试剂中); H: 子囊孢子 (水中); I: 子囊孢子破壁 (10% KOH 溶液中); J: 孢子芽缝; K: 电镜下的子囊孢子。

A: Stromata on dead wood; B: Stromatal surface; C: Close-up view of stromatal surface, showing perithecial mounds and ostiolar disks; D: Stroma in vertical section, showing perithecia and ostioles; E: KOH-extractable pigment; F: Asci in water; G: Ascus apical ring in Melzer reagent; H: Ascospore in water; I: Ascospore in 10% KOH; J: Ascospore with germ slit; K: Ascospore under SEM.

图 1 白色环纹炭团菌的形态结构 (FCATAS 2766)

Fig. 1 Morphological features of *Annulohypoxyylon albidiscum* (FCATAS 2766)

2.2 班帕登环纹炭团菌 (*Annulohypoxyylon bahnphadengense* J. Fourn. & M. Stadler) (图 3)

形态特征: 子座垫状, 厚 1.4 mm, 子囊壳突起明显, 表面黑色, 最外层被褐色覆盖, 后期脱落; 子座表层下颗粒黑色, 炭质; 在 KOH 溶液中组织颜色变为浅褐黑色; 子囊壳下层组织明显, 黑褐色。子囊壳倒卵球形, 高 0.41~0.61 mm, 宽 0.38~0.59 mm, 孔口乳突状, 被 truncatum 型圆盘环绕, 圆盘直径 0.24~0.31 mm。子囊圆柱形, 单囊壁, 内含 8 个子囊孢子, 单列排列, 全长 84~122 μm, 有孢子部分长 53~76 μm, 宽 3.7~5.6 μm, 柄长 19~56 μm; 顶环在 Melzer 试剂中呈蓝色, 盘状, 高 0.5~0.7 μm, 宽 0.9~1.5 μm。子囊孢子褐色, 单胞, 不等边椭圆形, 两端窄圆至阔圆, ($6.7\sim 8.2$)μm×(2.8~3.6)μm ($\bar{x}=7.5\text{ μm} \times 3.2\text{ μm}$, n=51),

芽缝直, 与孢子等长; 在 10% KOH 溶液中孢子壁开裂, 光滑; 孢子周壁光滑。

生境: 生于热带雨林无皮枯木头上。

研究标本: 中国海南省乐东县海南热带雨林国家公园尖峰岭片区, 2021 年 5 月 27 日, 马海霞, FCATAS 2762。

世界分布: 中国、泰国^[13]。

讨论: 班帕登环纹炭团菌 (*A. bahnphadengense*) 的模式标本发现于泰国清迈府班帕登。中国尖峰岭标本在形态上与该种模式标本的描述基本一致^[13]。基于 ITS 序列系统发育树分析, 中国标本 FCATAS 2762 (GenBank No. OR416117) 与泰国标本 STMA13115 (GenBank No. KX376338) 聚为一支 (图 2), BS=100%, PP=1.0, 可以与形态特征相互印证, 从而支持将其鉴定为 *A. bahnphadengense*。此种与努里格环纹炭团菌 (*Annulohypoxyylon nouraguense* J. Fourn. & Lechat) 是在形态上较近似, 其主要区别是后者 KOH 染色为紫色^[36]。此种与近亮环纹炭团菌 (*Annulohypoxyylon subnitens* J. Fourn. & Lechat) 是在宏观形态上也较相似, 其主要区别是后者子囊壳大, 直径 0.6~0.7 mm^[36]。

2.3 斯普格环纹炭团菌 (*Annulohypoxyylon spougei* Suwannasai, M.P. Martín, Phosri & Whalley) (图 4)

形态特征: 子座垫状至半球状, 通常汇合, 长 0.3~1.5 cm, 宽 0.3~0.9 cm, 子囊壳突起明显, 表面黑色; 子座表层下颗粒黑色, 炭质; 在 KOH 溶液中组织颜色变为橄榄绿色。子囊壳球形至倒卵球形, 高 0.48~0.73 mm, 宽 0.44~0.59 mm, 孔口乳突状, 被 bovei 型圆盘环绕, 圆盘直径 0.30~0.43 mm。子囊圆柱形, 单囊壁, 内含 8 个子囊孢子, 单列排列, 全长 77~106 μm, 有孢子部分长 59~77 μm, 宽 4.8~6.6 μm, 柄长 15~34 μm。子囊孢子褐色至深褐色, 单胞, 不等边椭圆形, ($7.5\sim 9.7$)μm×(3.1~5.0)μm ($\bar{x}=8.4\text{ μm} \times 4.0\text{ μm}$, n=68), 芽缝直, 与孢子等长; 在 10% KOH 溶液中孢子壁开裂, 光滑; 孢子周壁光滑。

生境: 生于亚热带常绿阔叶林枯木树皮上。

研究标本: 中国海南省海口市龙华区金牛岭公园, 海拔 8 m, 2022 年 10 月 3 日, 马海霞, FCATAS 5413。

世界分布: 中国、泰国^[33]。

讨论: 斯普格环纹炭团菌 (*A. spougei*) 的模

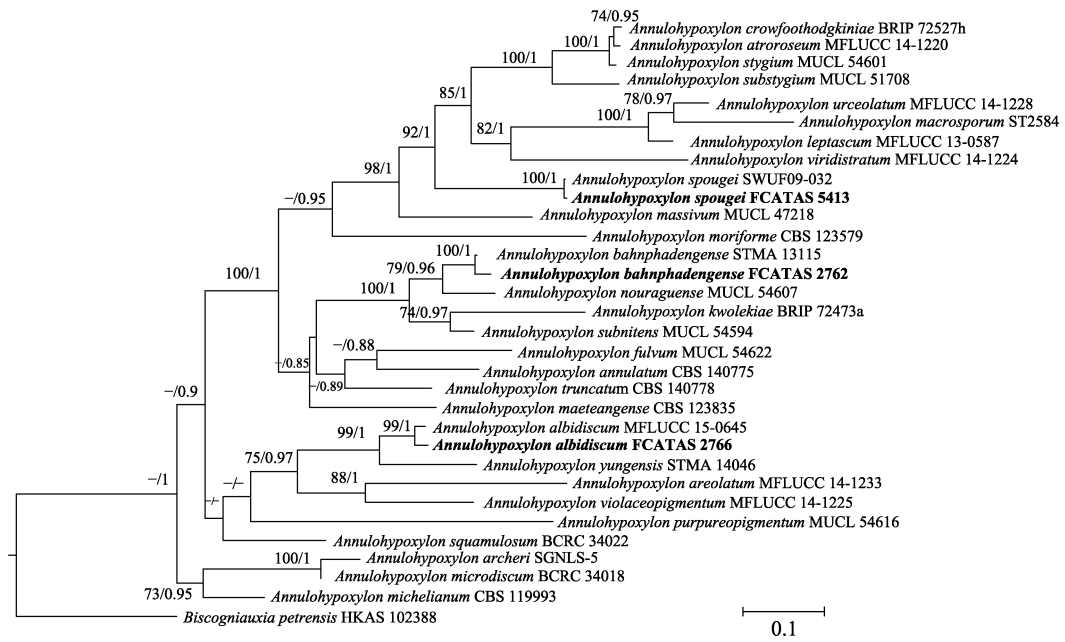
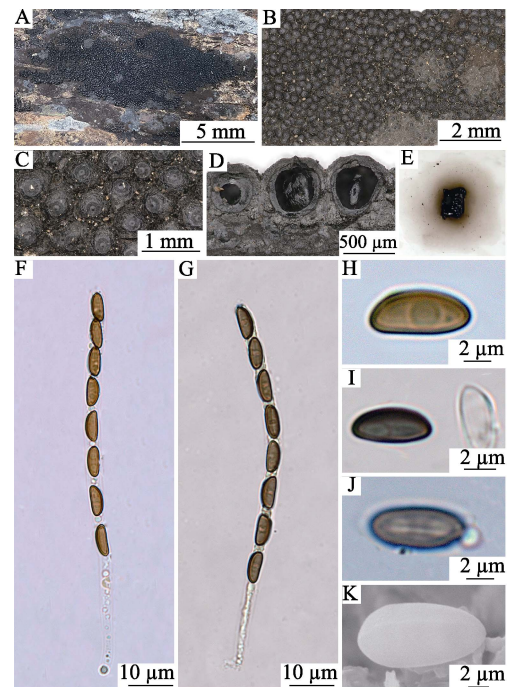
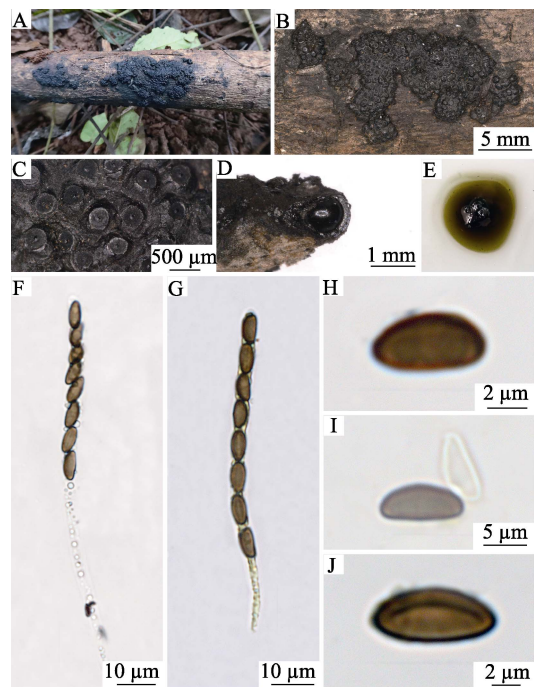


图 2 基于 ITS 序列采用最大似然法构建的系统发育树
Fig. 2 Phylogenetic tree conducted by Maximum Likelihood based on ITS sequences data



A: 子座; B: 子座表面; C: 圆盘和孔口; D: 子囊壳纵切; E: 子座颗粒在 KOH 溶液中的颜色; F: 子囊 (水中); G: 子囊环和子囊 (Melzer 试剂中); H: 子囊孢子 (水中); I: 子囊孢子破壁 (10% KOH 溶液中); J: 孢子芽缝; K: 电镜下的子囊孢子。
A: Stromata on dead wood; B: Stromatal surface; C: Close-up view of stromatal surface, showing perithecial mounds and ostiolar disks; D: Stroma in vertical section, showing perithecia and ostioles; E: KOH-extractable pigment; F: Asci in water; G: Ascus apical ring in Melzer reagent; H: Ascospore in water; I: Ascospore in 10% KOH; J: Ascospore with germ slit; K: Ascospore under SEM.
图 3 班帕登环纹炭团菌的形态结构 (FCATAS 2762)
Fig. 3 Morphological features of *Annulohypoxyton bahnpadengense* (FCATAS 2762)



A: 子座; B: 子座表面; C: 圆盘和孔口; D: 子囊壳纵切; E: 子座颗粒在 KOH 溶液中的颜色; F: 子囊 (水中); G: 子囊环和子囊 (Melzer 试剂中); H: 子囊孢子 (水中); I: 子囊孢子破壁 (10% KOH 溶液中); J: 孢子芽缝。
A: Stromata on dead wood; B: Stromatal surface; C: Close-up view of stromatal surface, showing perithecial mounds and ostiolar disks; D: Stroma in vertical section, showing perithecia and ostioles; E: KOH-extractable pigment; F: Asci in water; G: Ascus apical ring in Melzer reagent; H: Ascospore in water; I: Ascospore in 10% KOH; J: Ascospore with germ slit.
图 4 斯普格环纹炭团菌的形态结构 (FCATAS 5413)
Fig. 4 Morphological features of *Annulohypoxyton spougei* (FCATAS 5413)

式标本发现于泰国, 中国海南的标本在形态特征上与该种的原始描述一致^[33]。基于 ITS 序列系统发育树分析显示, 中国标本 FCATAS 5413 (GenBank No. OR417347) 与泰国标本 SWUFH099 (GenBank No. FN252419) 聚为一支 (图 2), BS=100%, PP=1.0, 可以与形态特征相互印证, 从而支持将其鉴定为 *A. spougei*。

3 讨论

海南省地处我国最南端, 拥有我国分布最集中、类型最多样、保存最完好、连片面积最大的大陆性岛屿型热带雨林, 独特的气候和地形为真菌的生长提供了极其适宜的条件。炭团菌是子囊菌中的重要类群, 可寄生在植物上, 引起林木病害, 有些种类能够产生多种次级代谢产物, 具有重要的生态价值和经济价值。在我国相继发现了大量的新分类单元, 特别是对热带和亚热带不同区域有较多报道^[26-28, 37-39], 但对于环纹炭团菌属的研究相对较少^[17-25]。本研究所报道的环纹炭团菌 3 个新记录种, 其中有 2 种采自海南热带雨林, 1 种采自亚热带常绿阔叶林, 是对中国大型子囊菌的补充, 其新分布的发现对于炭团菌科真菌物种起源、区系研究具有重要意义。同时, 也说明我国热带和亚热带地区大型真菌多样性极其丰富, 随着调查的深入, 将会有更多新的分类单元被发现。

参考文献

- [1] WENDT L, SIR E B, KUHNERT E, HEITKÄMPER S, LAMBERT C, HLADKI A I, ROMERO A I, LUANGSARD J J D, SRIKITIKULCHAI P, PERŠOH D, STADLER M. Resurrection and emendation of the Hypoxylaceae, recognised from a multigene phylogeny of the Xylariales[J]. Mycological Progress, 2018, 17(1/2): 115-154.
- [2] HSIEH H M, JU Y M, ROGERS J D. Molecular phylogeny of *Hypoxylon* and closely related genera[J]. Mycologia, 2005, 97(4): 844-865.
- [3] MILLER J H. A monograph of the world species of *Hypoxylon*[M]. Athens: Univ. Georgia Press, 1961.
- [4] JU Y M, ROGERS J D. A revision of the genus *Hypoxylon*. mycologia memoir No.20[M]. St. Paul: American Phytopathological Society of America Press, 1996.
- [5] KUHNERT E, SIR E B, LAMBERT C, HYDE K D, HLADKI A I, ROMERO A I, ROHDE M, STADLER M. Phylogenetic and chemotaxonomic resolution of the genus *Annulohypoxylon* (Xylariaceae) including four new species[J]. Fungal Divers, 2017(85): 1-43.
- [6] MARTIN P M D. Studies in the Xylariaceae: I. new and old concepts[J]. Journal of South African Botany, 1967, 33: 205-240.
- [7] ROGERS J D. The Xylariaceae: systematic, biological and evolutionary aspects[J]. Mycologia, 1979, 71: 1-42.
- [8] WHALLEY A J S. The Xylariaceous way of life[J]. Mycological Research, 1996, 100(8): 897-922.
- [9] CHA J, HEO B, AHN S J, GANG G, PARK C G, KWAK Y. Morphological and molecular characteristics of the oak tree canker pathogen, *Annulohypoxylon truncatum*[J]. Mycobiology, 2012, 40(1): 79-81.
- [10] ROBL D, COSTA P S, BÜCHLI F, SILVA LIMA D J, SILVA DELABONA P S, SQUINA F M, PIMENTEL I C, PADILLA G, CRUZ PRADELLA J G. Enhancing of sugar cane bagasse hydrolysis by *Annulohypoxylon stygium* glycohydrolases[J]. Bioresour Technol, 2015, 177: 247-254.
- [11] SURUP F, WIEBACH V, KUHNERT E, STADLER M. Truncaquinones A and B, asterriquinones from *Annulohypoxylon truncatum*[J]. Tetrahedron Letters, 2016, 57(20): 2183-2185.
- [12] SUWANNASAI N, RODTONG S, THIENHIRUN S, WHALLEY A J S. New species and phylogenetic relationships of *Hypoxylon* species found in Thailand inferred from the internal transcribed spacer regions of ribosomal DNA sequences[J]. Mycotaxon, 2005, 94(2): 303-324.
- [13] FOURNIER J, STADLER M, HYDE K D, DUONG M L. The new genus *Rostrophypoxylon* and two new *Annulohypoxylon* species from Northern Thailand[J]. Fungal Diversity, 2010, 40(1): 23-36.
- [14] PEREIRA J, ROGERS J D, BEZERRA J L. New *Annulohypoxylon* species from Brazil[J]. Mycologia, 2010, 102(1): 248-252.
- [15] VASILYEVA L N, MA HAI X, STEPHENSON S L. Biogeography and taxonomy of pyrenomycetous fungi 3. Three new species from the area around the Sea of Japan[J]. Mycotaxon, 2013, 126: 1-14.
- [16] CRUZ K S, VAGNER G C. *Annulohypoxylon* (Xylariales) from western paraná, Brazil[J]. Mycotaxon, 2016, 131(2): 395-402.
- [17] 邓叔群. 中国的真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1963.
- [18] TENG S C. Fungi of China[M]. Beijing: Science Press, 1963. (in Chinese)
- [19] 戴芳澜. 中国真菌总汇[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [20] TAI F L. Sylloge fungorum sinicorum[M]. Beijing: Science Press, 1979. (in Chinese)
- [21] 毕志树, 郑国扬, 李泰辉, 王又昭. 粤北地区大型真菌志[M]. 广州: 广东科技出版社, 1990.

- BI Z S, ZHENG G Y, LI T H, WANG Y Z. Macrofungus flora of the mountainous district of north Guangdong[M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology, 1990. (in Chinese)
- [20] JU Y M, ROGERS J D. The Xylariaceae of Taiwan (excluding *Anthostomella*)[J]. Mycotaxon, 1999(73): 343-440.
- [21] JU Y M, ROGERS J D, HSIEH H M. New *Hypoxylon* species and notes on some names associated with or related to *Hypoxylon*[J]. Mycologia, 2004, 96(1): 154-161.
- [22] 马海霞. 中国炭角菌科几个属的分类与分子系统学研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.
- MA H X. Taxonomy and molecular phylogeny of several genera of Xylariaceae from China[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- [23] LI W, GUO L. *Annulohypoxylon bawanglingense*, *A. diaolushanense*, *A. guangxiense*, and *A. sichuanense* spp. nov. and new records from China[J]. Mycotaxon, 2019, 134(3): 431-438.
- [24] 郭林. 中国真菌志, 第六十四卷, 环纹炭团菌属, 炭团菌属, 炭豆菌属[M]. 北京: 科学出版社, 2022.
- GUO L. Flora fungorum sinicorum, vol. 64, *Annulohypoxylon*, *Hypoxylon*, *Rosellinia*[M]. Beijing: Science Press, 2022. (in Chinese)
- [25] 朱安红, 高悦, 唐珂, 宋子坤, 杨占恩, 马海霞. 采自西藏墨脱的炭团菌科真菌新记录种[J]. 热带作物学报, 2022, 43(11): 2268-2274.
- ZHU A H, GAO Y, TANG K, SONG Z K, YANG Z E, MA H X. Newly recorded species of Hypoxylaceae (Ascomycota) from Medog in China[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2022, 43(11): 2268-2274. (in Chinese)
- [26] MA H X, SONG Z K, PAN X Y, LI Y, YANG Z E, QU Z. Multi-gene phylogeny and taxonomy of *Hypoxylon* (Hypoxylaceae, Ascomycota) from China[J]. Diversity, 2022, 14: 37.
- [27] SONG Z K, PAN X Y, LI C T, MA H X, LI Y. Two new species of *Hypoxylon* (Hypoxylaceae) from China based on morphological and DNA sequence data analyses[J]. Phytotaxa, 2022, 538: 213-224.
- [28] SONG Z K, ZHU A H, LIU Z D, QU Z, LI Y, MA H X. Three new species of *Hypoxylon* (Xylariales, Ascomycota) on a multigene phylogeny from Medog in southwest China[J]. Journal of Fungi (Basel, Switzerland), 2022, 8(5): 500.
- [29] 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. PCR protocols: a guide to methods and applications. San Diego: Academic Press, 1990: 315-322.
- [30] SIR E B, KUHNERT E, SURUP F, HYDE K D, STADLER M. Discovery of new mitorubrin derivatives from *Hypoxylon fulvo-sulphureum* sp nov (Ascomycota, Xylariales)[J]. Mycological Progress, 2015, 14(5): 28.
- [31] TAN Y P, SHIVAS R G. Index of australian fungi No. 1[J]. Nomenclatural novelties, 2022: 1-18.
- [32] KUHNERT E, FOURNIER J, PERŠOH D, LUANGSARD J J D, STADLER M. New *Hypoxylon* species from Martinique and new evidence on the molecular phylogeny of *Hypoxylon* based on ITS rDNA and β -tubulin data[J]. Fungal Diversity, 2014, 64(1): 181-203.
- [33] CROUS P W, WINGFIELD M J, CHOOI Y H, GILCHRIST C L M, LACEY E, PITT J I, ROETS F, SWART W J, CANO-LIRA J F, VALENZUELA-LOPEZ N, HUBKA V, SHIVAS R G, STCHIGEL A M, HOLDOM D G, JURJEVIĆ Ž, KACHALKIN A V, LEBEL T, LOCK C, MART N M P, TAN Y P, TOMASHEVSKAYA M A, VITELLI J S, BASEIA I G, BHATT V K, BRANDRUD T E, DE SOUZA J T, DIMA B, LACEY H J, LOMBARD L, JOHNSTON P R, MORTE A, PAPP V, RODR GUEZ A, RODR GUEZ-ANDRADE E, SEMWAL K C, TEGART L, ABAD Z G, AKULOV A, ALVARADO P, ALVES A, ANDRADE J P, ARENAS F, ASENJO C, BALLAR J, BARRETT M D, BERN L M, BERRAF-TEBBAL A, BIANCHINOTTI M V, BRANSGRÖVE K, BURGESS T I, CARMO F S, CH VEZ R, ČMOKOV A, DEARNALEY J D W, DE A SANTIAGO A L C M, FREITAS-NETO J F, DENMAN S, DOUGLAS B, DOVANA F, EICHMEIER A, ESTEVE-RAVENT S F, FARID A, FEDOSOVA A G, FERISIN G, FERREIRA R J, FERRER A, FIGUEIREDO C N, FIGUEIREDO Y F, REINOSO-FUENTEALBA C G, GARRIDO-BENAVENT I, CAÑETE-GIBAS C F, GIL-DUR N C, GLUSHAKOVA A M, GONÇALVES M F M, GONZ LEZ M, GORCZAK M, GORTON C, GUARD F E, GUARNIZO A L, GUARRO J, GUTI RREZ M, HAMAL P, HIEN L T, HOCKING A D, HOUBRAKEN J, HUNTER G C, IN CIO C A, JOURDAN M, KAPITONOV V I, KELLY L, KHANH T N, KISŁO K, KISS L, KIYASHKO A, KOLAŘÍK M, KRUSE J, KUB TOV A, KUČERA V, KUČEROV I, KUŠAN I, LEE H B, LEVIC N G, LEWIS A, LIEM N V, LIIMATAINEN K, LIM H J, LYONS M N, MACI-VICENTE J G, MAGAÑA-DUEÑAS V, MAHIQUES R, MALYSHEVA E F, MARBACH P A S, MARINHO P, MATOČEC N, MCTAGGART A R, MEŠIĆ A, MORIN L, MUÑOZ-MOHEDANO J M, NAVARRO-R DENAS A, NICOLLI C P, OLIVEIRA R L, OTSING E, OVREBO C L, PANKRATOV T A, PAÑOS A, PAZ-CONDE A, P REZ-SIERRA A, PHOSRI C, PINTOS Á, POŠTA A, PRENCIPE S, RUBIO E, SAITTA A, SALES L S,

- SANHUEZA L, SHUTTLEWORTH L A, SMITH J, SMITH M E, SPADARO D, SPETIK M, SOCHOR M, SOCHOROV Z, SOUSA J O, SUWANNASAI N, TEDERSOO L, THANH H M, THAO L D, TKALČEC Z, VAGHEFI N, VENZHIK A S, VERBEKEN A, VIZZINI A, VOYRON S, WAINHOUSE M, WHALLEY A J S, WRZOSEK M, ZAPATA M, ZEIL-ROLFE I, GROENEWALD J Z. Fungal planet description sheets: 1042-1111[J]. Persoonia, 2020, 44: 301-459.
- [34] SAMARAKOON C M, HYDE K D, MAHARACHCHIKUMBURA S S N, STADLER M, JONES E B G, PROMPUTTHA I, SUWANNARACH N, CAMPORESI E, BULGAKOV T S, LIU J K. Taxonomy, phylogeny, molecular dating and ancestral state reconstruction of Xylariomycetidae (Sordariomycetes)[J]. Fungal Diversity, 2022, 112(1): 1-88.
- [35] LI G J, HYDE K D, ZHAO R L, HONGSANAN S, ABDEL-AZIZ F A, ABDEL-WAHAB M A, ALVARADO P, ALVES-SILVA G, AMMIRATI J F, ARIYAWANSA H A, BAGHELA A, BAHKALI A H, BEUG M, BHAT D J, BOJANTCHEV D, BOONPRATUANG T, BULGAKOV T S, CAMPORESI E, BORO M C, CESKA O, CHAKRABORTY D, CHEN JIA J, CHETHANA K W T, CHOMNUNTI P, CONSIGLIO G, CUI B K, DAI D Q, DAI Y C, DINUSHANI D A, DAS K, DAYARATHNE M C, CROP E D, OLIVEIRA R J V, SOUZA C A P, SOUZA J I, DENTINGER B T M, DISSANAYAKE A J, DOILOM M, DRECHSLER-SANTOS E R, GHOBAD-NEJHAD M, GILMORE S P, GÔES-NETO A. Fungal diversity notes 253-366: taxonomic and phylogenetic contributions to fungal taxa[J]. Fungal Diversity, 2016, 78(1): 1-237.
- [36] FOURNIER J, LECHAT C. Some *Annulohypoxylon* spp. (Xylariaceae) from French Guiana, including three new species[J]. Ascomycete.org, 2016, 8(1): 33-53.
- [37] MA H X, VASILYEVA L N, LI Y. Two new species of *Hypoxylon* from China[J]. Sydowia, 2012, 64(1): 103-108.
- [38] MA H X, VASILYEVA L N, LI Y. *Hypoxylon* from China—2: *H. dengii* sp. nov. and *H. crocopeplum* new to China[J]. Mycotaxon, 2012, 122: 1-5.
- [39] MA H X, QUI J Z, XU B, LI Y. Two *Hypoxylon* species from Yunnan province based on morphological and molecular characters[J]. Phytotaxa, 2018, 376(1): 27-36.