

格木寄生线虫中国新记录种——卡勒萨隐皮孢囊线虫 *Cryphodera kalesari*

王宏洪¹, 蔡润得¹, 黄少彬¹, 廖金铃^{1,2*}

(1. 广东生态工程职业学院植物有害生物防控与生物环境健康技术研究中心, 广州 510520;

2. 华南农业大学植物线虫研究室, 广州 510642)

摘要 在对广东省主要珍贵树种上的线虫进行调查时从格木 *Erythrophleum fordii* 上分离到一种隐皮孢囊线虫, 经形态特征观察和测量数据分析, 将其鉴定为卡勒萨隐皮孢囊线虫 *Cryphodera kalesari*。其诊断特征为: 雌虫椭圆形至近球形, 头部具有 1 个唇盘和 2~3 个唇环, 口针长 33.6~37.8 μm, 阴门唇突出, 阴门与肛门之间区域凹陷, 肛阴距为 42~72 μm; 2 龄幼虫头部具 1 个明显的唇盘和 3 个唇后环纹, 口针长 24.8~29.5 μm, 口针基部球前缘凹陷, 侧区 3 条侧线, 尾圆锥形, 长 38~53.5 μm, 尾末端细圆, 透明尾长 17.1~25.1 μm, 侧尾腺孔位于肛门后 2~5 环; 雄虫未发现。本研究首次获得了卡勒萨隐皮孢囊线虫的 rDNA(LSU D2D3 和 ITS)序列, 为此线虫的鉴定提供了可靠的分子数据。本研究还分析了卡勒萨隐皮孢囊线虫与本属其他种类的系统进化关系。卡勒萨隐皮孢囊线虫为中国的地理新记录种。格木为隐皮孢囊线虫的新寄主。

关键词 格木; 卡勒萨隐皮孢囊线虫; 形态学; 分子数据; 中国新记录

中图分类号: S 432.45 文献标识码: A DOI: 10.16688/j.zwbh.2019137

First record of *Cryphodera kalesari* parasitizing *Erythrophleum fordii* in China

WANG Honghong¹, CAI Runde¹, HUANG Shaobin¹, LIAO Jinling^{1,2}

(1. Research Centre for Plant Pest Management and Bioenvironmental Health Technology, Guangdong Eco-Engineering Polytechnic College, Guangzhou 510520, China; 2. Laboratory of Plant Nematology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract A species of cystoid nematode parasitizing *Erythrophleum fordii* was isolated during the survey of plant nematodes associated with precious trees in Guangdong province. Detailed morphological study confirmed the cystoid nematode as *Cryphodera kalesari*. The nematode was characterized by oval to near round females with 2–3 lip annuli and one distinct labial disc, a stylet of 33.6–37.8 μm in length, a protruding vulval lip, concave vulva-anus profile, a vulva-anus distance of 42–72 μm. Second-stage juveniles possessed 3 lip annuli and one labial disc, a stylet of 24.8–29.5 μm in length with concave knobs and 3 lines at the lateral field, an elongate-conoid tail, 38–53.5 μm long, with a narrow rounded tip, hyaline tail region of 17.1–25.1 μm long, phasmids with a lens-like structure located 2–5 annuli posterior to the anus. Male was absent. LSU rDNA D2D3 segment and rDNA-ITS fragment were amplified and sequenced, which provided molecular information for rapid and accurate detection of the cystoid nematode in the future. Moreover, the phylogenetic relationship of *C. kalesari* and other *Cryphodera* species was analyzed. *C. kalesari* was reported for the first time from China. *Erythrophleum fordii* is a new reported host plant of *C. kalesari*.

Key words *Erythrophleum fordii*; *Cryphodera kalesari*; morphology; molecular data; first record in China

格木 *Erythrophleum fordii* Oliv., 别名铁木、

斗登风,豆科格木属常绿乔木,生于山地密林或疏林中。广东、广西、浙江、福建、台湾等地为其天然分布区^[1]。格木为国产著名硬木之一^[1],被列为国家 II

级重点保护野生植物^[2]。

隐皮孢囊属 *Cryphodera* 线虫是一类不形成孢囊(non-cyst-forming or cystoid)的异皮科 Heteroderidae 线虫^[3]。全世界已报道 7 个已知种和 6 个未

* 收稿日期: 2019-03-10 修订日期: 2019-05-10

基金项目: 广东省教育厅青年创新人才项目(自然科学)(2017GkQNCX051); 广东省林业科技创新专项资金(2015KJCX045)

* 通信作者 E-mail:jlliao@scau.edu.cn

定种^[4-6]。中国曾从泰国输华的柏木中截获布林克曼隐皮孢囊线虫 *C. brinkmani* Karssen & Van Aelst, 1999^[7-8]。而国内仅报道过一种寄生苎麻的隐皮孢囊线虫——中华隐皮孢囊线虫 *C. sinensis* Zhuo, Wang, Ye, Peng & Liao, 2014^[5]。

作者在对广东省主要珍贵树种植植物线虫进行调查时从格木根系上及根围土壤中采集分离到一种隐皮孢囊线虫。通过形态特征观察、测量和拍照,以及详细的形态描述,将其鉴定到种的水平。此外,我们还对该线虫的 LSU rDNA D2D3 区和 rDNA-ITS 序列进行了扩增和测序,并分析了隐皮孢囊线虫的系统发育关系。

1 材料与方法

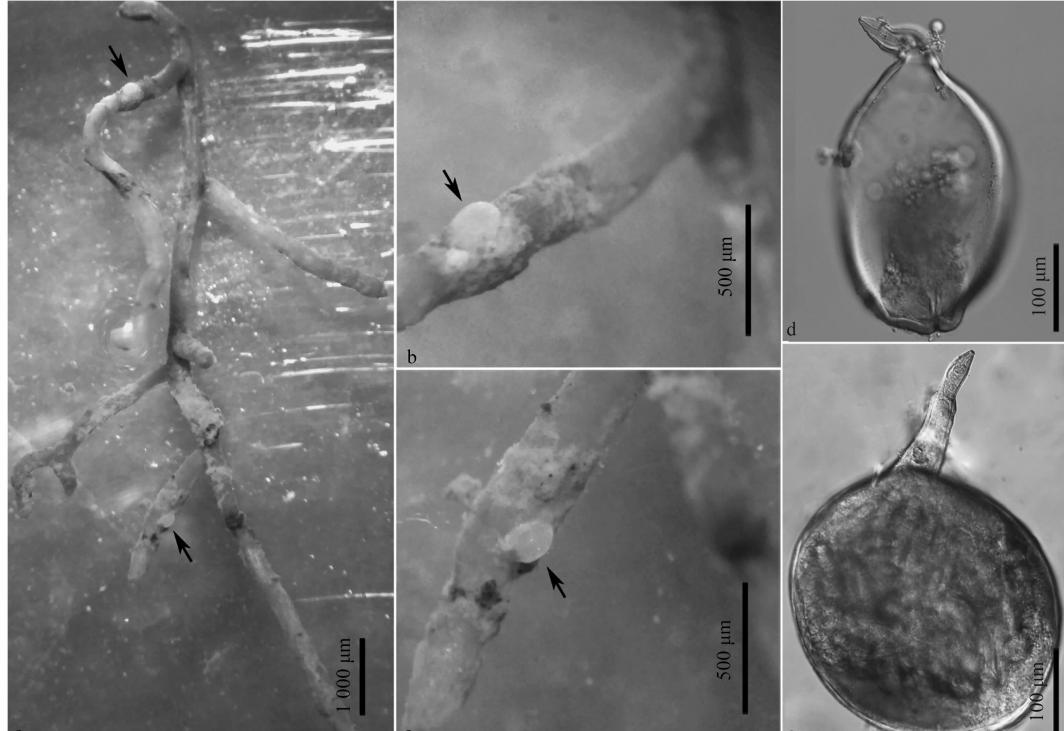
1.1 样品采集

用内径 10 cm 的不锈钢土壤取样管(宏光仪器)

采集广东省广州市从化区流溪河国家森林公园格木根围土壤和根系,取样深度约为 20 cm,每个样品约 500 g,装入自封袋,编号 CH06,记录采样时间、采样地点和寄主等信息。

1.2 线虫分离、标本制作、形态测量和拍照

用 60 目不锈钢筛网(上虞仪器)筛选出土壤中细根。在体视镜下用镊子检查细根和植物根系,从根上剥离白色雌虫(图 1)。用贝曼漏斗法分离土壤中的线虫,时间为 24 h。在体视显微镜下,将土壤中分离到的隐皮孢囊线虫 2 龄幼虫挑入清水中,加入等体积煮沸的 8% 甲醛溶液,虫体热杀死后至少固定 24 h;用甘油酒精法对幼虫进行脱水,然后将幼虫挑入纯甘油,石蜡封片^[9]。利用科研级尼康显微镜(ECLIPSE 90i, Nikon, 日本)进行线虫形态测量和拍照^[10]。



a~c: 寄生在根部的雌虫(箭头处); d~e: 雌虫整体
a~c: Females (arrow) parasitizing root; d~e: Entire female

图 1 卡勒萨隐皮孢囊线虫在格木根部的症状

Fig. 1 Symptoms of *Cryphodera kalesari* on the root of *Erythrophleum fordii*

1.3 DNA 抽提、扩增和测序

用蛋白酶 K 法抽提单条幼虫 DNA,具体步骤参照 Mundo-Ocampo 等^[11]。LSU rDNA D2D3 区的扩增引物为 D2A(5'-ACA AGT ACC GTG AGG GAA AGT-3') 和 D3B(5'-TCG GAA GGA ACC

AGC TAC TA-3')^[12], rDNA-ITS 区扩增引物为 18S(5'-TTG ATT ACG TCC CTG CCC TTT-3') 和 26S(5'-TTT CAC TCG CCG TTA CTA AGG-3')^[13]。PCR 反应体系参照 DNA 聚合酶说明书(*Ex Taq*®, TaKaRa, 日本)。PCR 扩增程序、电泳检测和

测序参照王宏洪等^[10]。用 DNAstar Lasergene 7.0 软件的 SeqMan 程序对测序结果进行拼接和编辑, 将最终序列上传到 GenBank 数据库, 获取序列登录号。

1.4 系统进化分析

从 GenBank 数据库分别下载隐皮孢囊线虫属有关种的 28S rDNA D2D3 和 rDNA-ITS 序列。序列比对、核酸替代模型选择、系统进化树的构建、系统进化树的打开和编辑参考王宏洪等^[10]。外组的选择参照 Subbotin 等^[6]。基于 rDNA 28S D2-D3 序列构

建的隐皮孢囊线虫系统进化树, 外群为 *Scutellonema brachyurum* (Steiner, 1938) Andrassy, 1958 (JX472046); 基于 rDNA-ITS 序列构建的系统进化树, 外群为 *Hoplolaimus columbus* Sher, 1963 (DQ309584)。

2 结果与分析

2.1 形态鉴定结果

形态测计值见表 1 和表 2, 表中符号采用 De Man 公式。

表 1 卡勒萨隐皮孢囊线虫中国群体雌虫形态测计值(所有测量数据单位均为 μm)

Table 1 Morphometrics of females of *Cryphodera kalesari* from China (All measurements are in μm)

形态特征 Morphological character	中国群体雌虫 Female population from China	原始描述 ^[14] Original description
标本数量(n) Number of specimens	8	17
除颈部外体长 Body length without neck	313±41.3(242~394)	—
体长(L) Body length	411.3±48.6(336.8~481.4)	311±21(272~353)
颈部长度 Neck length	95±8.2(81.6~105.4)	—
体宽(W) Body width	234.1±35.1(158~304)	205.5±51(112~288)
体长与最大体宽比值(a) Body length/greatest body diameter	1.8±0.2(1.5~2.2)	1.6±0.5(1.1~2.8)
口针长度 Stylet length	35.7±1.7(33.6~37.8)	37.5±1.5(37~42)
口针锥部长度 Stylet conus length	20±1(18.8~21.2)	18~20
中食道球长度 Median bulb length	21.5±3.9(16.3~26.3)	21~29
中食道球宽度 Median bulb width	18.9±4.8(12.5~24.9)	15~22
中食道球至体前端距离 Median bulb valve from anterior end	66.4±7.8(56.7~75.7)	—
排泄孔至体前端距离 Excretory pore from anterior end	99.8±16.6(82.6~115.8)	—
肛门距 Vulva-anus distance	49.6±9.3(42~72)	57±7.5(48~72)
阴门裂长度 Vulva slit length	49.2±13.9(39.4~59.0)	35(n=1)

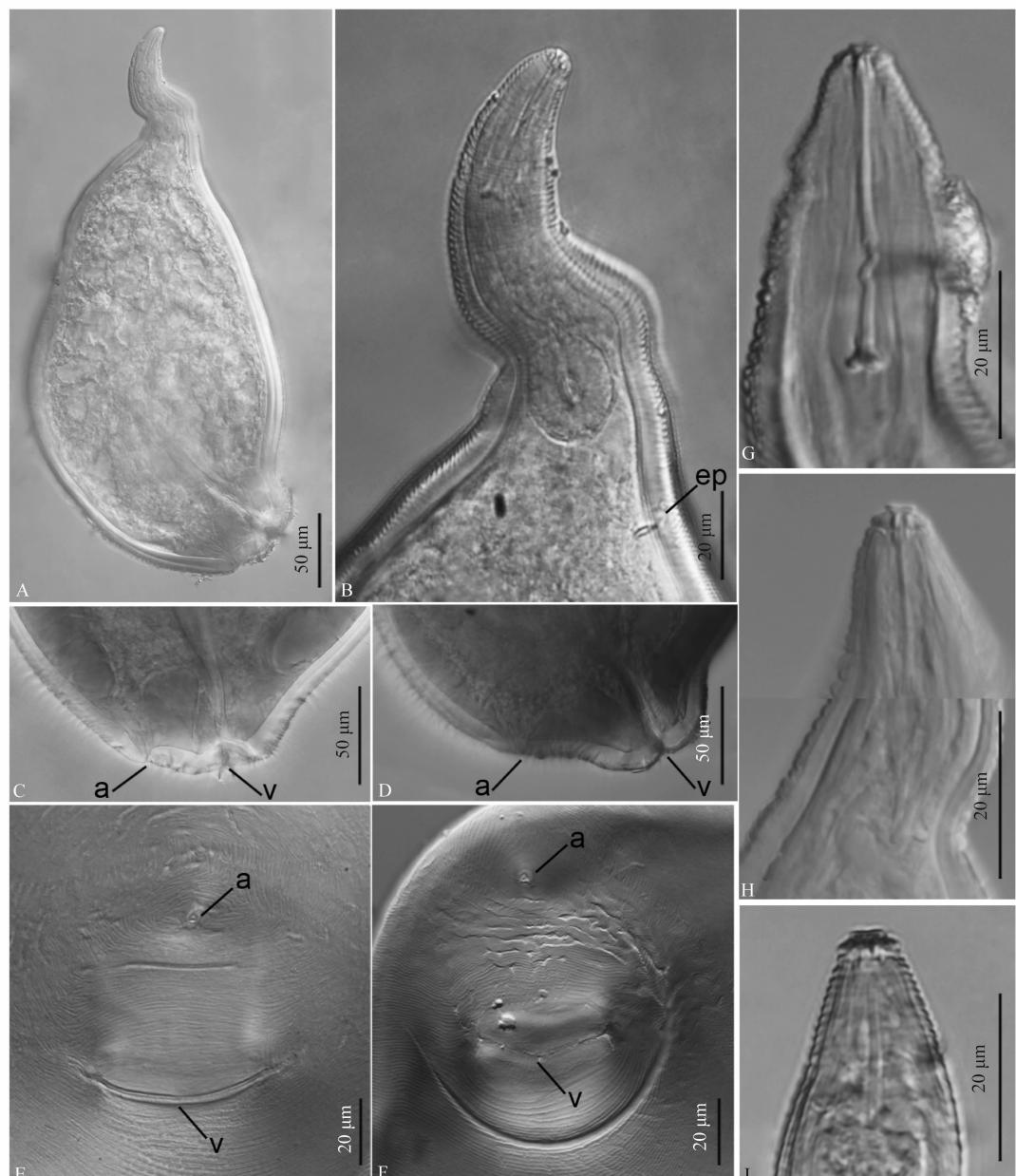
表 2 卡勒萨隐皮孢囊线虫中国群体 2 龄幼虫形态测计值(所有测量数据单位均为 μm)

Table 2 Morphometrics of second-stage juveniles of *Cryphodera kalesari* from China (All measurements are in μm)

形态特征 Morphological character	中国群体 2 龄幼虫 Second-stage juveniles from China	原始描述 ^[14] Original description
标本数量(n) Number of specimens	20	33
体长(L) Body length	382.5±20.5(330.7~413.5)	353~424
体长与最大体宽比值(a) Body length/max. body diameter	22.3±1(20.3~24.0)	18~26
体长与食道长比值(b)	3.6±0.2(3.4~4.1)	3.2~5.0
Body length/distance from anterior to esophago-intestinal valve		
体长与体前端至食道与肠瓣距离比值(b')	2.5±0.2(2.0~2.9)	
Body length/distance from anterior to base of esophageal glands		
体长与尾长比值(c) Body length/tail length	8.6±0.6(7.5~10.2)	7.0~13.0
尾长与肛门处体宽比值(c') Tail length/tail diameter at anus	3.8±0.2(3.4~4.2)	—
唇宽 Lip width	8.8±0.3(8.3~9.2)	—
唇高 Lip height	4.1±0.3(3.4~4.6)	—
口针长 Stylet length	27.9±1(24.8~29.5)	24~29
口针杆部长 Stylet shaft length	14.1±0.7(12.1~15.0)	—
口针基部球宽 Stylet knob width	5.3±0.3(4.9~5.9)	—
口针基部球高 Stylet knob height	2.2±0.1(2.0~2.4)	—
背食道腺开口至口针基部球 DGO from stylet base	3.7±0.6(3.0~4.5)	3.0~4.0
体前端至 Anterior end to		
中食道球瓣 Centre of metacorpus	66.6±3.2(59.9~72.7)	—
食道与肠瓣 Cardia	106.4±6.8(96.3~119.5)	—
食道腺末端 End of pharyngeal gland lobe	152.8±12.3(132.4~179.1)	—
排泄孔 Secretory/excretory pore	95±5.5(82.4~101.5)	—
食道腺覆 Pharyngeal overlap	46.3±7.2(34.4~60.5)	—

续表 2 Table 2(Continued)

形态特征 Morphological character	中国群体 2 龄幼虫 Second-stage juveniles from China	原始描述 ^[14] Original description
最大体宽 Max. body diameter	17.2±0.6(16.2~18.2)	—
肛门体宽 Anal body diameter	11.8±0.6(10.6~12.7)	—
尾长 Tail length	44.5±4(38.0~53.5)	27~54
透明尾长 Hyaline tail length	21.7±2.2(17.1~25.1)	18~26
体中部环纹宽 Annulus width at mid-body	1.6±0.1(1.5~1.7)	—
生殖原基至尾末端距离 Distance from genital primordial to tail end	147.5±11.3(131.3~167.2)	—
生殖原基至体前端距离占体长比例 The ratio between distance from genital primordial to anterior end and body length	0.62±0.02(0.58~0.67)	—



A: 整体; B: 前体部; C~D: 阴门与肛门区域; E~F: 会阴花纹; G~I: 头部。ep: 排泄孔; a: 肛门; v: 阴门
A: Entire body; B: Anterior region; C-D: Vulva-anus region; E-F: Perineal pattern; G-I: Head region. ep: Excretory pore; a: Anus; v: Vulva

图 2 卡勒萨隐皮孢囊线虫中国群体雌虫光学显微图片

Fig. 2 Light microscopic images of females of *Cryphodera kalesari* from China

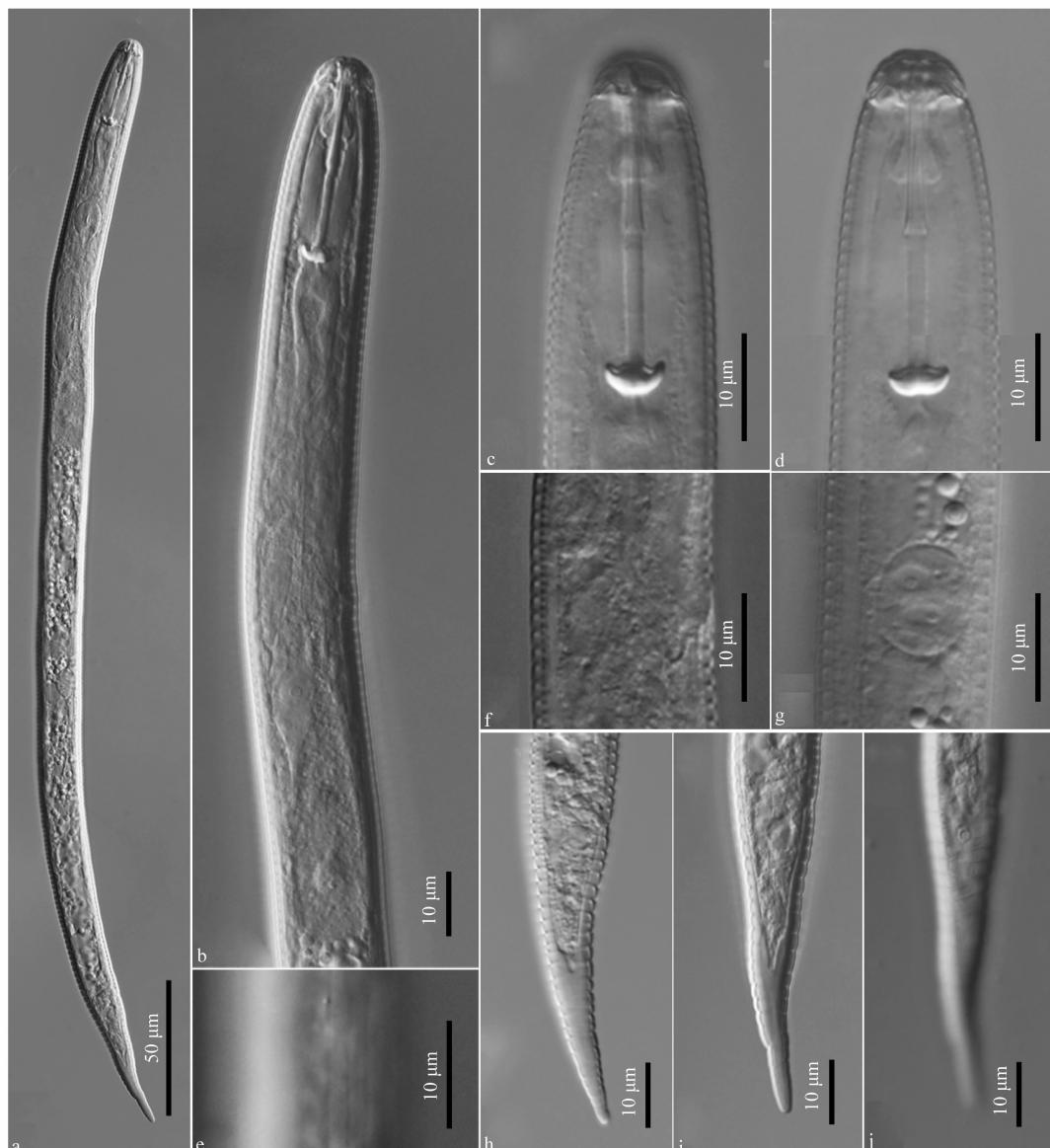
雌虫形态特征:虫体椭圆形至近球形,环纹清晰,颈部向背部或腹部弯曲(图1d~e;图2A)。头部具一个明显唇盘和2~3个唇环(图2G~I)。口针长33.6~37.8 μm(图2G~H)。中食道球卵圆形,长16.3~26.3 μm,宽12.5~24.9 μm(图2B)。基部食道腺紧邻中食道球,小且不清晰(图2B)。排泄孔位于颈部之后(图2B)。阴门裂长39.4~59 μm(图2E~F)。阴门唇突出(图2A、2D)。肛距为42~72 μm(图2C~F)。阴门与肛门之间区域略凹陷或明显凹陷(图2C~D),具明显线纹(图2E~F)。

2龄幼虫形态特征:热杀死后,虫体直或略向腹面弯曲(图3a)。侧区不明显,3条侧线(图3e)。头

部具一个明显的唇盘和3个唇后环纹(图3c~d)。口针长24.8~29.5 μm,口针基部球前缘略凹陷至明显凹陷(图3c~d)。背食道腺开口至口针基部球距离3~4.5 μm(图3c~d)。食道腺充满整个体腔,长34.4~60.5 μm(图3a~b)。排泄孔至体前端距离82.4~101.5 μm(图3b)。半月体紧邻排泄孔之后(图3f)。生殖原基小,卵圆形,至尾末端距离占体长的58%~67%(图3g)。尾长圆锥形,长38~53.5 μm,尾末端细圆(图3h~i)。侧尾腺孔棱镜状,位于肛门后2~5环(图3j)。透明尾长17.1~25.1 μm(图3h~i)。

雄虫:未发现。

寄主:格木 *Erythrophleum fordii* Oliv.。



a: 整体; b: 前部; c-d: 头部; e: 侧线; f: 排泄孔; g: 生殖原基; h-i: 尾部; j: 侧器孔
a: Entire body; b: Anterior region; c-d: Head region; e: Lateral lines; f: Excretory pore; g: Genital promordium; h-i: Tails; j: Phasmids

图3 卡勒萨隐皮孢囊线虫中国群体2龄幼虫光学显微图片

Fig. 3 Light microscopic images of second-stage juveniles of *Cryphodera kalesari* from China

经形态特征和测计值比对,采自广东从化格木上的隐皮孢囊线虫群体为卡勒萨隐皮孢囊线虫 *C. kalesari* Bajaj, Walia, Dabur & Bhatti, 1989。与原始描述^[14]相比,卡勒萨隐皮孢囊线虫中国群体雌虫体长偏大(336.8~481.4 μm vs 272~353 μm),口针略短(33.6~37.8 μm vs 37~42 μm),阴门裂更长(39.4~59 μm vs 35 μm),其余形态特征基本一致。卡勒萨隐皮孢囊线虫中国群体与原始描述的差异可能与地理环境有关。因此,该群体鉴定为卡勒萨隐皮孢囊线虫。

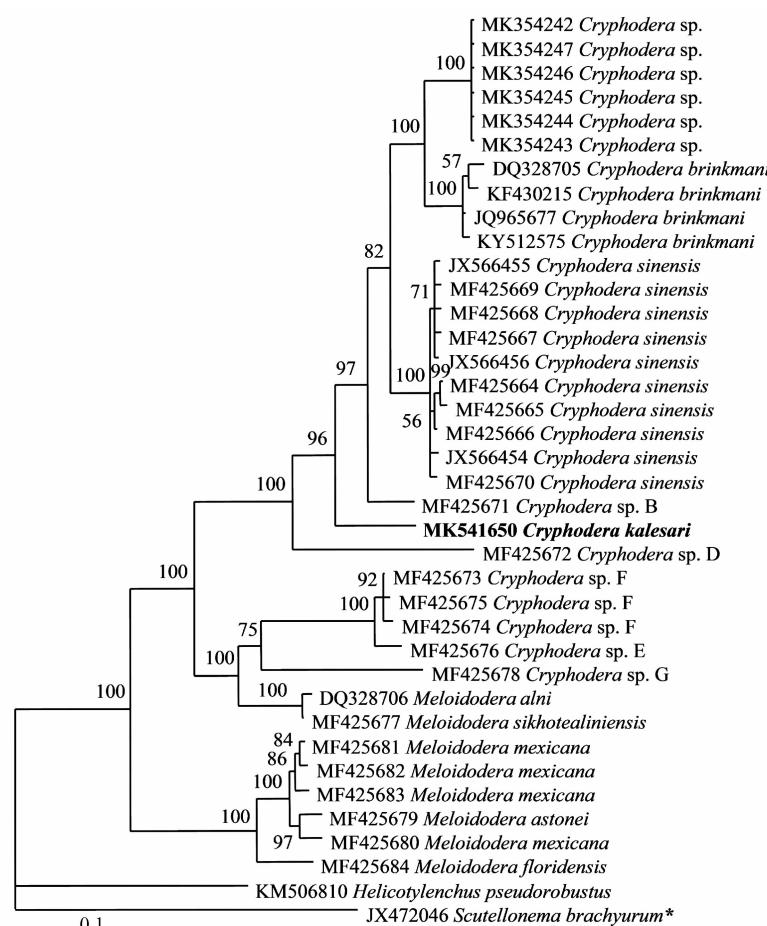
卡勒萨隐皮孢囊线虫与中华隐皮孢囊线虫形态最接近。与中华隐皮孢囊线虫相比,卡勒萨隐皮孢囊线虫雌虫口针更长(33.6~37.8 μm vs 28~35.4 μm),肛阴距更长(42~72 μm vs 29.5~35.8 μm),2龄幼虫口针更短(24.8~29.5 μm vs 28~31 μm),尾末端有尖突(vs 细圆),尾和透明尾更短(38~53.5 μm

vs 52~65 μm; 17.1~25.1 μm vs 24.5~35 μm)。此外,卡勒萨隐皮孢囊线虫缺乏雄虫。

2.2 分子序列分析

经扩增和测序,获得卡勒萨隐皮孢囊线虫中国群体 LSU rDNA D2D3 区片段长度为 699 bp, GenBank 的登录号为 MK541650。BLAST 结果显示,此群体与 *Cryphodera* sp. B(MF425671)的序列相似性最高,为 93.7%;与布林克曼隐皮孢囊线虫(KY512575)和中华隐皮孢囊线虫(JX566455)的序列相似性次之,为 92.3%。

扩增得到的卡勒萨隐皮孢囊线虫中国群体 rDNA-ITS 片段长度为 1 122 bp, GenBank 的登录号为 MK541651。BLAST 结果显示,此群体与中华隐皮孢囊线虫(JX566457-JX566459)的序列相似性最高,为 76.6%~76.8%。



* 部分文章中使用 *Scutellonema brachyurus*, 此处 *brachyurum* 为该物种正确种名^[15]

* In some recent literature, the name *Scutellonema brachyurus* has been applied to this nematode, the correct name for the species is *brachyurum* as used by Andrassy (1958)

图 4 基于 LSU rDNA D2D3 区的 GTR+I+G 模型下的贝叶斯一致树

Fig. 4 Bayesian consensus tree inferred from LSU rDNA D2D3 region under GTR+I+G model

2.3 系统进化分析

rDNA 28S D2-D3 区序列比对数据集包含 38 条序列, 比对后的长度为 684 bp, 其中保守位点 422 个, 简约信息位点 185 个。图 4 为基于 rDNA 28S D2-D3 序列在 GTR+I+G 模型下的贝叶斯一致树, 卡勒萨隐皮孢囊线虫与 *Cryphodera* sp. B、*Cryphodera* sp. 和布林克曼隐皮孢囊线虫聚为一个中度支持的分支(PP=86), 卡勒萨隐皮孢囊线虫与其他隐皮孢囊线虫种类的系统进化关系不清楚。

并处于分支的基部。rDNA-ITS 区序列比对数据集包含 41 条序列, 比对后的长度为 1 183 bp, 其中保守位点 266 个, 简约信息位点 846 个。图 5 为基于 rDNA-ITS 序列在 TVM+I+G 模型下的贝叶斯一致树, 卡勒萨隐皮孢囊线虫与 *Cryphodera* sp. B、*Cryphodera* sp. 和布林克曼隐皮孢囊线虫聚为一个中度支持的分支(PP=86), 卡勒萨隐皮孢囊线虫与其他隐皮孢囊线虫种类的系统进化关系不清楚。

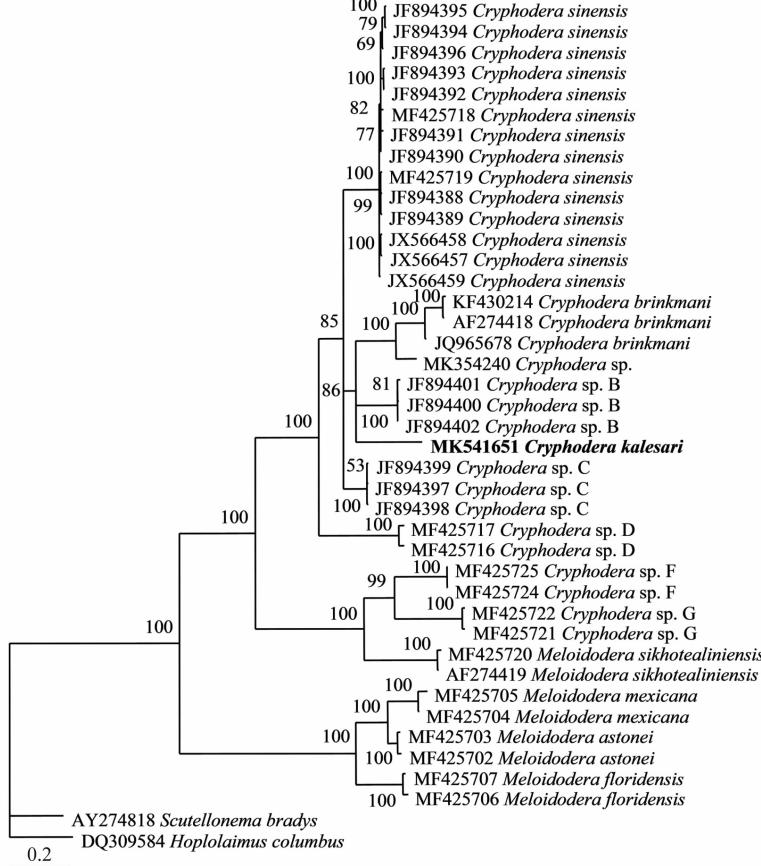


图 5 基于 rDNA-ITS 区的 TVM+I+G 模型下的贝叶斯一致树

Fig. 5 Bayesian consensus tree inferred from rDNA-ITS region under TVM+I+G model

3 结论与讨论

本研究将采自广东省广州市从化区良口镇流溪河国家森林公园格木的隐皮孢囊线虫鉴定为卡勒萨隐皮孢囊线虫, 该线虫为中国新记录种。本文首次获得了卡勒萨隐皮孢囊线虫的 28S rDNA D2D3 区和 rDNA-ITS 序列, 为今后隐皮孢囊线虫的种类鉴定提供了分子依据。

Bajaj 等 1989 年最早在印度哈里亚纳邦卡勒萨森林的羽萼木 *Colebrookea oppositifolia* Smith 根上发现卡勒萨隐皮孢囊线虫^[14]。此线虫广泛分布

于位于印度哈里亚纳邦和喜马偕尔邦的西瓦里克山脉的天然林中^[16], 分布区的气候类型为热带季风气候, 主要特点是全年暖热, 降水明显分旱、雨两季^[17]。本次报道的卡勒萨隐皮孢囊线虫分布区的气候类型是热带季风气候, 气候温和, 雨量充沛^[18]。

本文明确了格木为卡勒萨隐皮孢囊线虫的新寄主。受侵染的格木根系表面无明显症状, 雌虫嵌入根系, 突出的尾部通常黏附土壤颗粒, 不容易冲洗干净。格木是我国重要的珍贵树种, 线虫病害是格木苗期的主要病害, 但线虫种类未知^[19]。本研究首次报道了侵染格木根系的一种隐皮孢囊线虫, 其对格

木生长的危害程度仍需进一步研究。

目前,已报道的7个隐皮孢囊属有效种中有3个发现于亚洲,分别是卡勒萨隐皮孢囊线虫 *C. kalesari*(印度和中国),布林克曼隐皮孢囊线虫 *C. brinkmani*(日本和泰国)和中华隐皮孢囊线虫 *C. sinensis*(中国和越南)^[6]。Nguyen等从越南采集了大量隐皮孢囊线虫种群,通过比对分析2龄幼虫的形态测量数据和rDNA-ITS序列数据,认为其中至少存在5个种类^[20]。Subbotin等重新分析了来自越南的样品,推测其中有7个种类,除了分布最广泛的中华隐皮孢囊线虫,另外还有6个潜在新种^[6]。近年来,我们在华南地区各省份也陆续发现一些隐皮孢囊线虫种群,由于仅发现2龄幼虫,缺乏雌虫形态数据,未能鉴定到种。因此,中国南部和越南可能是隐皮孢囊线虫的起源和多样性中心,说明隐皮孢囊线虫在这个区域正在进行相对快速率的物种形成^[6]。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志(第39卷),豆科(一)[M].北京:科学出版社,1988:117.
- [2] 于永福.中国野生植物保护工作的里程碑——《国家重点保护野生植物名录(第一批)》出台[J].植物杂志,1999,5(3):3-11.
- [3] SIDDIQI M R. Tylenchida, parasites of plants and insects [M]. London:CABI,2000.
- [4] VOVLAS N,TRISCIUZZI N,TROCCOLI A,et al. Integrative diagnosis and parasitic habits of *Cryphodera brinkmani* a non-cyst forming heteroderid nematode intercepted on Japanese white pine bonsai trees imported into Italy [J]. European Journal of Plant Pathology,2013,135(4):717-726.
- [5] ZHUO Kan,WANG Honghong,YE Weimin,et al. *Cryphodera sinensis* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae), a non-cyst-forming parasitic nematode from the root of ramie *Boehmeria nivea* in China [J]. Journal of Helminthology,2014,88(4):468-480.
- [6] SUBBOTIN S A,AKANWARI J,NGUYEN C N,et al. Molecular characterisation and phylogenetic relationships of cystoid nematodes of the family Heteroderidae (Nematoda: Tylenchida) [J]. Nematology,2017,19(9):1065-1081.
- [7] 龙海,齐小峰,谢泳桂,等.泰国输华真柏中一种隐皮孢囊线虫的鉴定[J].植物检疫,2017,31(3):29-32.
- [8] KARSSEN G,AELST A. Description of *Cryphodera brinkmani* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae), a parasite of *Pinus thunbergii* Parlatore from Japan, including a key to the species of the genus *Cryphodera* Colbran,1966 [J]. Nematology, 1999, 1(2):121-130.
- [9] 冯志新.植物线虫学[M].北京:中国农业出版社,2001.
- [10] WANG Honghong,ZHUO Kan,YE Weimin,et al. Morphological and molecular characterisation of *Pratylenchus parazeae* n. sp. (Nematoda: Pratylenchidae) parasitizing sugarcane in China [J]. European Journal of Plant Pathology,2015,143(1):173-191.
- [11] MUNDO-OCAMPO M,TROCCOLI A,SUBBOTIN S A,et al. Synonymy of *Afenestrata* with *Heterodera* supported by phylogenetics with molecular and morphological characterisation of *H. koreana* comb. n. and *H. orientalis* comb. n. (Tylenchida: Heteroderidae) [J]. Nematology,2008,10(5):611-632.
- [12] SUBBOTIN S A,STURHAN D,CHIZHOV V N,et al. Phylogenetic analysis of Tylenchida Thorne,1949 as inferred from D2 and D3 expansion fragments of the 28S rRNA gene sequences [J]. Nematology,2006,8(3):455-474.
- [13] VRAIN T C,WAKARCHUK D A,LEVESQUE A C,et al. Intraspecific rDNA restriction fragment length polymorphism in the *Xiphinema americanum* group [J]. Fundamental and Applied Nematology,1992,15(6):563-573.
- [14] BAJAJ H K,WALIA R K,DABUR K R,et al. *Cryphodera kalesari*, a new heteroderid nematode species from Haryana, India [J]. Systematic Parasitology,1989,14(2):113-116.
- [15] ANDRÁSSY I. *Hoplolaimus tylenchiformis* Daday,1905 (syn. *H. coronatus* Cobb, 1923) und die gattungen der unterfamilie Hoplolaiminae Filipjev,1936 [J]. Nematologica,1958(3):44-56.
- [16] BAJAJ H K,WALIA R K. Host response to *Cryphodera kalesari* (Heteroderidae: Nematoda) [J]. Nematologia Mediterra-nea,2000,28(2):197-199.
- [17] 张兆明.浅析热带季风气候的差异性[J].地理教育,2010(10):26-27.
- [18] 吴章文.流溪河国家森林公园旅游气候研究[J].中南林学院学报,1995(10):67-74.
- [19] 李胜强,许建新,陈波,等.珍稀植物格木的研究进展[J].广东林业科技,2008,24(6):61-64.
- [20] NGUYEN C N,STURHAN D,SUBBOTIN S A. Studies on the occurrence and diversity of Heteroderidae and Meloidogynidae (Nematoda: Tylenchida) in natural forests of Vietnam [J]. Russian Journal of Nematology,2011,19(2):159-172.

(责任编辑:田 谳)