

DOI:10.12403/j.1001-1498.20240106

我国首次发现桉树叶瘿姬小蜂及其寄生蜂桉树大痣小蜂

罗艳玲¹, 杨菊¹, 马绍坚², 苏钟琪¹, 马涛^{1*}, 温秀军^{1*}

(1. 华南农业大学林学与风景园林学院, 广东广州 510642; 2. 广州市花都区林业管理中心, 广东广州 510400)

摘要: [目的] 对我国桉树叶片上形成虫瘿危害、造成桉树叶片生长畸形、长势缓慢的一种害虫进行分子和形态鉴定, 确定害虫种类, 为野外识别、监测与防治提供理论参考。[方法] 在广州市花都区桉树林中, 采集尾叶桉上带有虫瘿的桉树枝条 10 枝。放置于实验室透明塑料圆形容容器中, 每天收集虫瘿中羽化的小蜂, 统计数量、区分种类。采用 DNA 提取试剂盒的方法提取了小蜂 DNA, 并对 COI 和 28S rRNA 两个片段进行测序, 同时在 NCBI 上下载同属物种, 以桉树扁角金绿姬小蜂 *Closterocerus chamaeleon* (Girault) 为外群, 使用 MAGE 11 软件基于邻接法构建系统发育树, 通过体式显微镜观察桉树叶瘿姬小蜂成虫、卵、幼虫和蛹的形态特征, 经与相关文献进行对比分析, 进行物种鉴定。[结果] 实验室共获得害虫小蜂 1 485 头, 寄生蜂 217 头, 桉树叶瘿姬小蜂的 COI 和 28S rRNA 的序列长度分别为 665 bp 和 588 bp, 桉树大痣小蜂的 COI 和 28S rRNA 的序列长度分别为 675 bp 和 1 049 bp。经 Blastn 同源性比对, 分别与在线公布的 *Ophelimus eucalypti* (Gahan) 和 *Megastigmus* sp.1 相似度最高, 均达 99% 以上, 并经形态学验证, 确定害虫为桉树叶瘿姬小蜂 [*Ophelimus eucalypti* (Gahan)], 寄生蜂为桉树大痣小蜂 (*Megastigmus* sp.1)。[结论] 桉树叶瘿姬小蜂在多种桉树上形成大量虫瘿, 造成桉树顶端生长受抑制, 影响桉树成林。需要对该害虫加强监测和防治, 阻止害虫在桉树栽培区域广泛传播。同时也可利用寄生蜂天敌开展生物防治, 实现害虫可持续治理。

关键词: 桉树叶瘿姬小蜂; 姬小蜂科; 大痣小蜂; 寄生蜂; DNA 鉴定; 形态特征

中图分类号: S476.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2024)x-0001-09

桉树 (*Eucalyptus* spp.) 是世界三大速生人工林树种之一, 原产于澳大利亚、印度尼西亚、菲律宾等国^[1], 是桃金娘科 (Myrtaceae) 下桉属 (*Eucalyptus*)、伞房属 (*Corymbia*) 和杯果木属 (*Angophora*) 植物的统称^[2]。19 世纪末被引种至中国, 具有生长快、树形好、适应性强、便于管理、木材用途广等优点, 至今有 120 多个国家和地区引种栽培。在我国华南和西南等地区广泛种植, 是重要的人工经济造林树种之一^[3]。截至 2018 年, 我国桉树人工林总面积 546 万公顷, 占全国森林

总面积的 2.5% 左右^[4], 年产木材超过了 4 000 万立方米, 占到全国年木材产量的 26.9%^[5]。目前, 桉树有 808 个种和 137 个亚种和变种得到承认^[6], 中国引种栽培 60 种以上, 主要分布在广西、广东、云南、福建和海南等地^[7]。

2023 年 5 月在广州市花都区尾叶桉 (*Eucalyptus urophylla* Blake) 上发现一种害虫, 在桉树叶片上形成虫瘿, 经对其进行分子生物学及形态学鉴定, 该害虫为桉树叶瘿姬小蜂 (*Ophelimus eucalypti* (Gahan))^[8], 隶属于膜翅目, 姬小蜂科 Eulophidae,

收稿日期: 2024-03-17 修回日期: 2024-05-21

基金项目: 林业有害生物监测与外来入侵物种普查项目 (编号 20220645)

* 通讯作者: 马涛, 副教授, 主要从事森林昆虫学、昆虫信息化合物等方面的研究, E-mail: matao@scau.edu.cn 温秀军, 教授, 主要从事森林昆虫学、城市昆虫学、昆虫生态化学方面的研究, E-mail: wenxiujun@scau.edu.cn

球角姬小蜂属 (*Ophelimus* (Haliday)1844), 为我国首次发现的种类。该小蜂可导致叶片生长畸形, 叶梢处叶片细小, 严重抑制了桉树的顶端生长, 有可能对我国桉树产业的发展构成严重威胁。

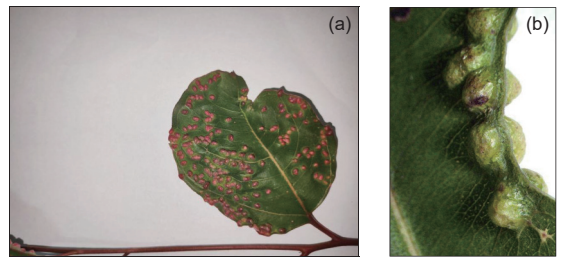
目前, 球角姬小蜂属在全世界已经发现有 50 种左右^[9], 均是在不同桉树树种上形成虫瘿的害虫^[10]。国内外报道过的该属在桉树叶片上形成虫瘿的种类主要有 *Ophelimus. migdnorum*、*O. maskelli*、*O. bipolaris*、*O. mediterraneus* 等, 其中 *O. migdnorum* 是 Molina-Mercader 等 2019 年发现的新种, 该种主要是在桉树的叶片、叶中脉及叶柄上形成虫瘿, 虫瘿整体形状扁平^[11]; *O. maskelli* 是目前入侵最为广泛的, 该种在叶片上形成一个圆形较小的疱状且上下对称的虫瘿, 而本研究的虫瘿较大^[12]; *O. bipolaris* 是 2021 年 Chen 等在桉树上发现的, 该种虫瘿较 *O. maskelli* 小, 在叶片边缘形成泡囊状虫瘿, 该小蜂的头部及中胸是金属绿色, 而本研究的小蜂身体整体为黑色, 在光照下呈蓝绿色金属光泽^[13]; *O. mediterraneus* 的虫瘿初期为绿色, 成熟后为棕色, 只在叶片上部可见^[14]; 本研究的桉树叶瘿姬小蜂虫瘿分布于叶片中部及边缘, 上下突起, 圆且光滑。

桉树叶瘿姬小蜂最初是由 Gahan 于 1922 年在新西兰的惠灵顿地区的桉树上首次发现, 在桉树的叶片上形成虫瘿, 并描述发表^[8]。据报道, 该种已经扩散蔓延至新西兰、印度尼西亚、希腊、欧洲的西班牙等地区^[15-17], 使森林健康受到了严重威胁^[18]。目前, 在广州市花都区、白云区及增城区的桉树林内均发现不同程度的桉树叶瘿姬小蜂危害。桉树叶瘿姬小蜂主要通过桉树叶片上刻痕产卵, 幼虫孵化时, 刺激叶片组织增生造成危害 (图 1)。调查中发现, 虫瘿的颜色和桉树无性系品种相关, 如雷 11 的新叶为红色, 其形成的虫瘿则为红色, 随着新叶的变绿虫瘿也随之变绿 (图 2a); 广林 9 号和尾叶桉的新叶为绿色, 则虫瘿的颜色一直为绿色 (图 2b)。在显微镜下解剖发现, 一个虫瘿内仅见一只幼虫。幼虫以叶肉组织为食, 在虫室内成熟化蛹。野外调查发现, 桉树叶瘿姬小蜂虫瘿在叶片两面上上下分布, 虫瘿密集分布在叶片边缘及中部, 严重时, 虫瘿可遍布叶片, 造成叶片畸形, 严重影响桉树正常生长。因此, 本文对桉树叶瘿姬小蜂进行 DNA 物种鉴定及不同虫态特征描述, 以期

为桉树叶瘿姬小蜂的野外识别、监测预报与防治提供依据。



图 1 桉树叶瘿姬小蜂在林间危害状 (示叶片虫瘿)
Fig. 1 Damage symptom of *Eucalyptus* leaf gall wasp in forest (leaf gall)



注: (a) 雷 11 危害状; (b) 尾叶桉虫瘿危害状

Notes:(a) Harmful condition of *Eucalyptus leizhou* No.11; (b) Damage characteristics of *Eucalyptus urophylla* galls

图 2 桉树叶瘿姬小蜂在桉树叶片上形成的虫瘿 (接近羽化)

Fig. 2 Galls formed by *Ophelimus eucalypti* on *Eucalyptus* leaves (near eclosion)

1 材料与方法

1.1 标本获取

2023 年 5 月在广州市花都区炭步镇桉树林 (113°21'44" E, 23°30'10" N), 采集 10 枝桉树幼苗上带有虫瘿叶片枝条, 随后将这些枝条带回实验室, 放置于透明塑料圆形容器中, 每天检查、统计并收集从虫瘿中羽化的小蜂。14 d 后共羽化出 1 702 头小蜂。将收集到的小蜂置于无水乙醇中保存, 在体视显微镜下将小蜂挑出, 一部分用于小蜂形态特征观察, 一部分放入装有无水乙醇的 1.5 mL 冻存管中, 置于 -20 °C 的冰箱中保存, 以供后续提取 DNA。在羽化的小蜂中, 发现 217 头形态特征明显不同的小蜂, 经鉴定为大痣小蜂属的一种寄

生蜂——桉树大痣小蜂 (*Megastigmus* sp.1)。

1.2 形态鉴定

将收集到的小蜂利用 SZ760T2LED 连续变倍体视显微镜对小蜂标本进行形态特征观察和拍摄。标本照片是用舜宇光学科技(集团)有限公司生产的 SZN71 系列连续变倍体视显微镜进行拍摄, 使用 Adobe Photoshop 2021 进行处理。

小蜂各部位形态特征主要结合 Gahan 于 1922 年首次将桉树叶瘿姬小蜂描述发表为新种的原始文献^[8], 和根据 Syawaluddin 于 2019 年在苏门答腊岛发现的此小蜂的文献描述进行形态特征对比^[19], 同时查阅该小蜂在桉树上所形成的虫瘿形态进行对比^[11], 进行物种鉴定。

1.3 DNA 条形码鉴定

对收集到的小蜂个体, 使用 DNA 条形码技术进行鉴定。使用天根生化科技有限公司的 TIANamp Genomic DNA Kit 试剂盒, 参照试剂盒的提取方法对研究样本进行动物组织基因组 DNA 提取, 在步骤 2 调整为使用金属浴 56 °C 裂解组织 15min, 最后将洗脱得到的基因组 DNA 与 loading buffer 溶液混合, 1% 琼脂糖、1 × TAE 缓冲溶液电泳检测, 显示单一明亮条带, 表明 DNA 浓度满足 PCR 要求。将基因组 DNA 溶液放置于 -20 °C 冰箱内保存, 供后续测序使用。

目的基因片段扩增所用引物为 *COI* 和 *28S rRNA*, *COI* 的通用型引物分别为 LCO1490/HCO2198^[20]、桉树叶瘿姬小蜂的 *28S rRNA* 引物为 D2-3551F/D2-4057R^[21], 桉树大痣小蜂的 *28S rRNA* 引物为 D1F/D3R^[22] (见表 1)。PCR 反应体系为 25 μL: 2 × TsinGke Master Mix 12.5 μL, 上下游引物各 1 μL, DNA 模版 2 μL, ddH₂O 8.5 μL。PCR 反应条件如下: 94 °C 预变性 5 min, 随后

表 1 用于 DNA 测序的引物名称及引物序列

Table 1 Names and sequences of primers for DNA sequencing

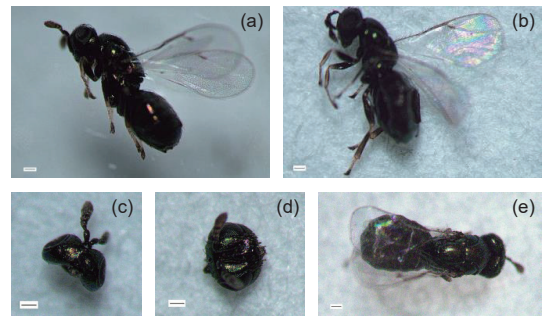
引物名称 Primer name	引物序列 (5'-3') Sequence (5'-3')
1490-COI-F	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG
2198-COI-R	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA
28S-D2-3551F	CGTGTGGCTTGATAGTGCAGC
28S-D2-4057R	TCAAGACGGGTCTCTGAAAGT
28S-D1F	ACCCGCTGAATTTAAGCATAT
28S-D3R	TAGTTCACCATCTTTCGGGTC

94 °C 变性 30 s, 50 °C 退火 30 s, 72 °C 延伸 30 s, 共 35 个循环, 最后 72 °C 延伸 5 min^[20]。PCR 反应完成后, 将产物在 110 V 条件下 1% 琼脂糖凝胶电泳检测, 选取条带清晰明亮且单一的 PCR 产物送至生工生物工程(上海)股份有限公司进行双向测序, 将测序结果上传至 NCBI 进行序列比对。

2 结果与分析

2.1 桉树叶瘿姬小蜂

2.1.1 形态学特征 雌成虫: 体长 0.96~1.63 mm。成虫全体为黑色 (图 3a), 具蓝绿色金属光泽; 触角黑褐色, 触角柄节同体色, 梗节黑褐色, 鞭节棕褐色; 各足基节、转节、腿节同体色, 前足胫节和跗节棕褐色, 中、后足胫节同体色, 但端部和基部为棕褐色, 中、后足跗节浅褐色, 附爪黑色; 翅透明 (图 3b), 在光照下具金属光泽, 翅脉棕褐色, 翅面上纤毛褐色。



注: (a) 整体侧面观; (b) 翅膀; (c) 头部背面及触角观; (d) 头部正面观; (e) 腹部背面观

Notes: (a) Overall side view; (b) Wings; (c) Head in front view with left antenn; (d) View of the back of the head and tentacles; (e) Mesosoma in dorsal view Scale bar=100 μm

图 3 桉树叶瘿姬小蜂成虫

Fig. 3 *Ophelimus eucalypti* adults

头部背面观横阔 (图 3c), 宽为长的 2.0 倍; 头后缘向前呈弧形凹进, 无后头脊; 头顶具细密的网状刻纹; 上颊长为复眼长的 0.32 倍; 二侧单眼间距 (POL) 为侧单眼与复眼间距 (OOL) 的 4.8 倍; 复眼光裸无毛。头部正面观大致呈三角形, 宽为高的 1.2 倍, 表面具细密的网状刻纹; 颊部均匀鼓起 (图 3d), 中部具显著倒“V”字形触角沟, 两沟汇合于中单眼前方, 未达中单眼; 两触角沟中间隆起, 形成三角形凸起部位; 两触角窝之间的距离为触角窝横径的 2.7 倍; 口器为咀嚼式口器, 脸区上具稀疏白色刚毛, 颞眼沟弧形。触角柄节长为宽的 3.2 倍, 中部略宽, 长为梗节 + 鞭节

的 0.64 倍；梗节端部较基部膨大，最宽处为长的 0.41 倍；鞭节短，鞭节 + 梗节为头宽的 0.65 倍；环状节 2 节，由基部向端部逐渐加宽，环状节第 2 节宽为第 1 节的 1.5 倍；索节 2 节，均呈基窄端宽的梯形，棒节 3 节，棒节中部是整个触角最宽的部分，棒节长为最宽处的 1.34 倍，棒节和索节各节上具密集且较长的感觉毛。

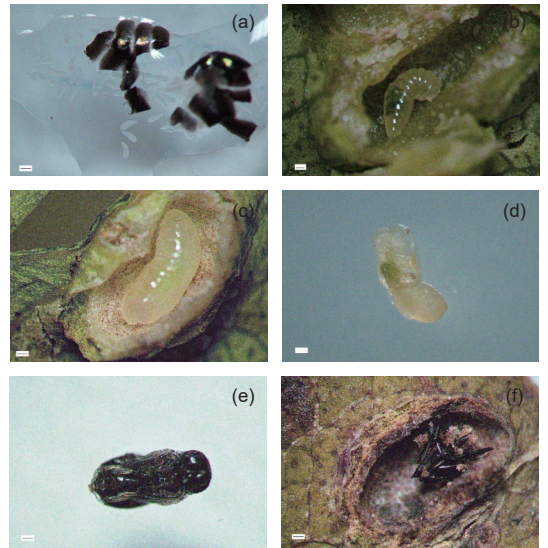
胸部背面鼓起 (图 3e)，中部稍平坦，表面具细密的网状刻纹，胸部在前胸背板肩部最宽，整个胸部长为宽的 1.36 倍，为头宽的 1.2 倍，前胸背板窄长，位于凸起的中胸盾片前方，2 侧肩部向外侧方凸出。中胸盾片宽大，宽为长的 1.72 倍，表面具细密的网状刻纹；盾纵沟深且完整；中胸小盾片鼓起，略呈纵向的椭圆形，表面具与中胸盾片上相似的网状刻纹，长为宽的 1.27 倍。后胸盾片呈狭窄的新月形。并胸腹节短，陡然下倾，背面观仅见其侧胫处。中胸前侧板显著倾斜向外隆起。翅基片黑色，前翅后伸长于腹末之外，长为体长的 0.76 倍；前翅外缘缘毛和后翅后缘缘毛纤长而明显；前翅长为翅最宽处 2.17 倍，为后翅翅长的 1.32 倍；亚缘脉与缘脉大致等长，亚缘脉上具 3~5 根刚毛；翅痣大；缘脉加粗，具 9~10 根刚毛；亚缘室无毛；缘前脉的基部向下延伸至亚缘脉端部的下方，长度为亚缘脉的 0.29 倍；翅痣呈水滴形，痣脉上面密布纤长刚毛；整个翅面上均匀分布褐色纤毛，在翅面上成行排列向端部方向聚集，翅缘的纤毛向外呈放射状分布。后翅马刀状，长为前翅的 0.82 倍；前缘的缘毛短密，后缘的缘毛长为前缘缘毛的 2.76 倍。腹部背观椭圆形，圆鼓，长为宽的 1.2 倍；腹部与胸部大致等长，比胸部略宽，为胸部最宽处的 1.17 倍；腹部背板在 3 节处最宽；背板上具网状刻纹，各节背板上均具纤长刚毛。背观产卵器微露出。

雄虫：在羽化的成虫中暂未发现雄虫。

卵：卵 (图 4a) 为半透明，棒状，由卵柄和卵体 2 部分组成，卵柄微微向下弯曲。卵长 0.17~0.18 mm，宽 0.05~0.06 mm。

幼虫：蛆型 (图 4b、c)，全体半透明，体内可见黄绿色器官，约 12~15 节，头宽尾窄，幼虫头部的触角透明，锥形；口器为淡棕红色，短喙状，咀嚼式口器。幼虫体长 0.75~1.12 mm，体宽 0.25~0.30 mm。

蛹：蛹 (图 4d~f) 为离蛹，卷曲成近球形；刚



注：(a) 卵；(b) 幼虫取食叶片组织；(c) 成熟幼虫；(d) 幼蛹；(e) 成熟的蛹；(f) 羽化后

Notes:(a) Egg; (b) Larvae feeding on leaf tissue; (c) Mature larvae; (d) Young pupa; (e) Mature pupa; (f) After eclosion Scale bar=100 μm

图 4 不同虫态发育过程

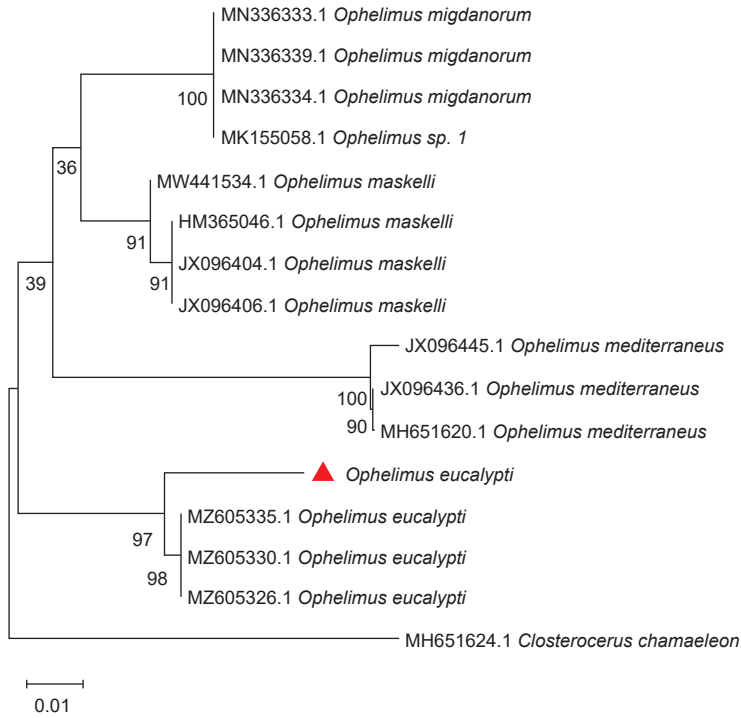
Fig. 4 The development process of different stages of insects

化蛹时浅黄绿色 (图 4d)，略透明，之后颜色逐渐加深变黄，成熟时与成虫体色相近 (图 4e、f)。蛹体长 1.25 mm，体宽 0.45 mm。

2.1.2 分子鉴定

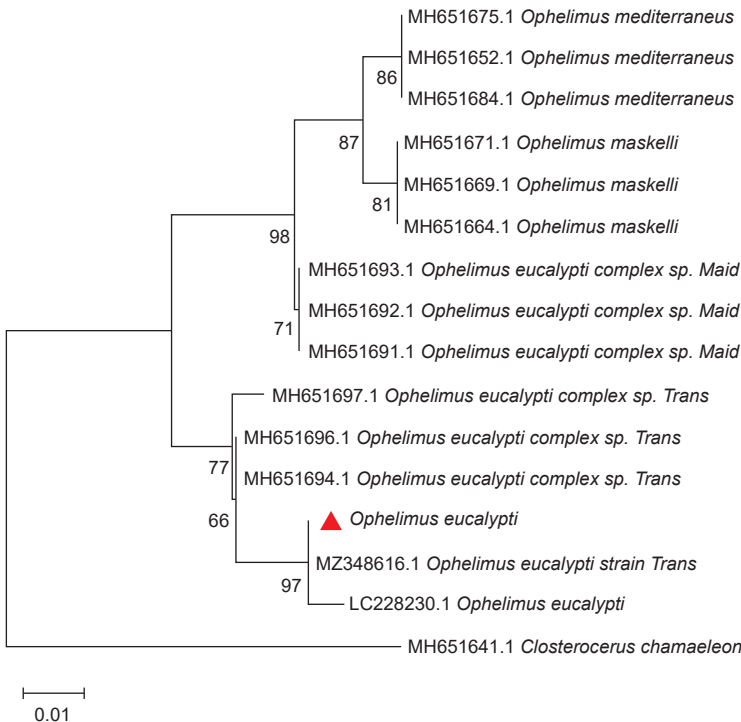
2.1.2.1 COI 基因片段序列分析 对桉树叶瘿姬小蜂的 COI 基因片段进行双向测序，获得 665 bp 的序列。其中总序列的 T、C、A、G 含量分别为 44.36%、11.73%、30.68%、13.23%，且 A + T 含量较高，达 75.04%。对所获得的 COI 基因序列片段与 GenBank 中同属的同源序列使用 MEGA 11 软件进行多序列比对和调整，比对时删除无插入和缺失位点，使各序列长度相同，采用邻接法以桉树扁角金绿姬小蜂 [*Iosterocerus chamaeleon* (Girault)] 为外群构建系统发育树，结果表明系统树上明显分为 2 个分支 (图 5)。GenBank 中序列号为 MZ605335.1、MZ605330.1 和 MZ605326.1 与本研究的桉树叶瘿姬小蜂先聚为一支，该组内的平均遗传距离 0.00，而 *O. mediterraneus*、*O. maskelli*、*O. migdanorum* 与本研究的种间遗传距离分别为 0.294、0.238、0.237。

2.1.2.2 28S rRNA 基因片段序列分析 对桉树叶瘿姬小蜂的 28S rRNA 基因片段进行双向测序，获得 588 bp 的序列。其中总序列的 T、C、A、G 含量分别为 23.64%、25.17%、18.37%、32.82%，

图 5 基于 *COI* 基因构建的邻接系统发育树Fig. 5 Neighbor-joining phylogenetic tree based on *COI* gene

且 G + C 含量较高, 达 57.99%。将测序所得结果上传至 NCBI 进行 Blast 同源性比对, 所获得的 28S *rRNA* 基因序列片段都有 > 99% 的支持率, 对所获得的基因序列片段与 GenBank 中同属的同源

序列使用 MEGA 11 软件进行多序列比对和调整, 比对时删除无插入和缺失位点, 使各序列长度相同, 采用邻接法以桉树扁角金绿姬小蜂为外群构建系统发育树 (图 6)。结果表明系统树上分为两个

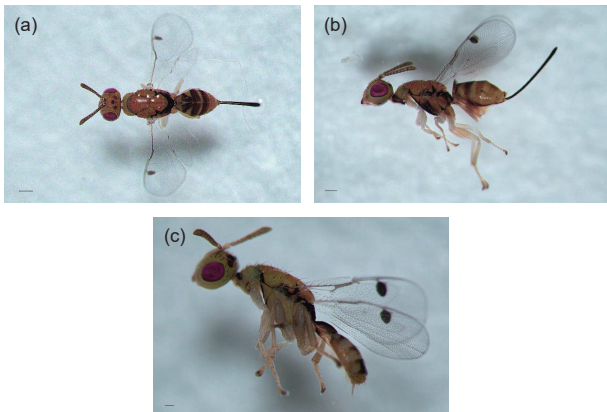
图 6 基于 28S *rRNA* 构建的邻接系统发育树Fig. 6 Neighbor-joining phylogenetic tree based on 28S *rRNA* gene

大分支,其中本研究中的桉树叶瘿姬小蜂与MZ348616.1、LC228230.1为同一小分支,该种间平均遗传距离分别为0.01和0.005。*O. mediterraneus*和*O. maskelli*与桉树叶瘿姬小蜂的种间平均遗传距离分别为0.062和0.056。

2.2 桉树大痣小蜂

本文发现的寄生蜂桉树大痣小蜂通过COI的基因片段为675 bp支持率达到99.2%、28S rRNA基因片段长度为1 049 bp的测序在NCBI上进行Blast同源性比对,与Le等上传的基因序列片段支持率达到100%^[23]。

桉树大痣小蜂,属于膜翅目,长尾小蜂科(Torymidae),大痣小蜂属(*Megastigmus*)^[23-24](图7)。体长1.85~2.08 mm(不包括产卵管);胸长0.83~0.91 mm,腹长0.69~0.79 mm;产卵管鞘长1.00~1.14 mm。全体黄色,头背面观(图7a),长为宽的2.11倍,头部背观具6对黑色刚毛,头颜面淡黄色,复眼周围颜面颜色较深,复眼眼眶外圈黑色,“C”字形具约7根刚毛;单眼紫红色,3个,呈钝角三角形分布,侧单眼间距:单复眼间距:单眼至后头缘间距(POL:OOL:OCL)=5:3:2;口器端部深紫红色;触角膝状,着生于颜面中部,共13节,柄节、梗节、鞭节棕黄色,柄节长为梗节长2.52倍;各节上均具长而密的感受毛。胸部背面隆起,中部稍平坦,黄色;前胸背板短,弯月状;与中胸连接处为青绿色,具成行刚毛;中胸盾片左右对称着生5对黑褐色刚毛;盾纵沟显著而完整;中胸小盾片近六边形,左右对称



注:(a)雌虫整体背面观(b)雌虫整体侧面观(c)雄虫

Notes:(a) Overall back view of female (b) Overall side view of female (c) male Scale bar=100 μ m

图7 桉树大痣小蜂成虫

Fig. 7 *Megastigmus* sp.1

具3对长刚毛;后胸背板和端区均分布黑色斑块;膜翅2对,透明,前翅较大,呈梭形;前翅前缘脉明显长于后缘脉,与前缘室近等长;亚缘脉具7~8根刚毛;翅痣黑褐色,椭圆形,长为宽的2倍;后翅马刀状,长为前翅的0.72倍。腹部侧扁(图7b),黄褐色,腹2~4节背板黑色横带,且颜色依次变浅;产卵管鞘黑色,均匀密布黑色刚毛;基部位位于胸腹之间。足浅黄色,爪黑色;腿节上具稀疏刚毛;跗节5节,胫节具齿。

雄虫的形态特征(图7c)与雌虫基本相似,除了具有性二型特征外,其腹部和雌虫相比较扁平。

3 讨论

McLaren等指出本研究的虫瘿是发生在叶片上,而非中间的叶脉及树枝上^[25],与2009年报道的桉树枝瘿姬小蜂在桉树嫩枝、叶柄、叶脉上的发生部位明显不同^[24],此外,后者一个虫瘿内可见2~3头幼虫,虫瘿表面有多个羽化孔^[26]。而本研究中的小蜂虫瘿主要是分布在叶片边缘和叶片中部(图1a、b),在叶片上下突起,且一虫瘿内仅可见一只幼虫,以叶肉组织为食,在虫室内成熟化蛹,羽化后在虫瘿上咬破一个圆形羽化孔飞出。值得注意的是,在Syawaluddin的研究中发现在不同的桉树品系上虫瘿的颜色是不一样的^[19],这与本研究在野外调查中发现虫瘿的颜色多变一致,这可能与桉树的品种或光照等相关。

在受害最严重的尾叶桉虫瘿中,共羽化出217头左右的桉树大痣小蜂,羽化的寄生蜂数量占羽化小蜂总数的12.7%。在澳大利亚,自*Leptocybe* spp.入侵以来,对于大痣小蜂属小蜂*Megastigmidae*本身作为生物防治的寄生蜂而受到广泛研究,该属的部分小蜂也被报道为寄生蜂^[27-29],Le等通过对澳大利亚的桉树虫瘿上相关的物种*Megastigmus* sp.1进行分子标记鉴定,通过GMYC和ABGD两种物种划分方法,比较了其研究的与桉树虫瘿相关的肉食性大痣小蜂与植食性类群的大痣小蜂在COI的遗传距离上的差距的差别,揭示了在遗传距离上,寄生于桉树虫瘿上的大痣小蜂的mtDNA差异显著高于植食性的大痣小蜂^[23]。2020年研究报道了*O. maskelli*的天敌与桉树叶瘿姬小蜂的同一种天敌——桉树扁角金绿姬小蜂,并研究了桉树叶瘿姬小蜂的发育及其存活率的

统计, 附有小蜂从幼虫至成虫的发育形态过程的照片, 给出了桉树叶瘿姬小蜂的重要鉴别特征; 同时研究也表明桉树扁角金绿姬小蜂的寿命较桉树叶瘿姬小蜂的寿命更长, 天敌的释放对于小蜂的控制起到了重要的作用^[30]; 2023 年刘慧慧等在广西也发现此天敌对 *O.maskelli* 具有良好的生物防治效果^[31]。2023 年, Anisa 等在印度尼西亚北苏门答腊岛的桉树上发现有 9 种桉树叶瘿姬小蜂的寄生蜂^[16], 羽化的小蜂数量也较多, 说明利用寄生蜂对桉树叶瘿姬小蜂进行生物防治具有良好的潜能。

1987 年, Z. Boucek 等首次记录了桉树叶瘿姬小蜂的寄主种类, 主要是葡萄桉和柳桉^[32]。2000 年, Withers 等研究了桉树叶瘿姬小蜂在新西兰的易感树种为巨桉、葡萄桉、柳叶桉和迪恩桉, 值得注意的是, 由种子繁殖的葡萄桉没有生长虫瘿, 表明虫瘿易感性受桉树遗传基因的影响; 同时在桉树的抗性实验过程中发现了 3 种寄生蜂^[32]。目前, 在广东栽培的桉树品种主要有: 尾叶桉、柠檬桉、细叶桉、大叶桉、蓝桉、速生桉等。从野外调查情况来看, 此害虫在我国广州市花都区、白云区、增城区均有发现, 主要在尾叶桉、雷林 11 号 (尾叶桉和细叶桉 *Eucalyptus tereticornis* Smith 的杂交种) 等速生桉上发现了桉树叶瘿姬小蜂的危害, 在柠檬桉及细叶桉上暂未发现虫瘿。

此外, 在调查过程中发现, 在路边的零星桉树上或伐桩上新萌枝条叶片上虫瘿危害较为严重, 而在山上大片种植的桉树幼林和 2~3 年生桉树林中极少发现, 这表明该害虫尚未造成严重危害, 这可能与桉树品种或林中郁闭度有关。因此, 建议对该新发生害虫进行详细调查研究, 摸清其在广州的发生规律, 敏感寄主种类, 研究有效的监测和防控技术方法, 为今后防止该害虫扩散蔓延和危害提供技术支持。林业主管部门和镇街也需加强对桉树林地开展巡林和监测工作, 及时预测预报预警工作, 指导防治工作。在发生危害严重的地区可以引进寄生蜂开展生物防治, 但是也要仔细评估生物防治引进的寄生蜂是否对害虫具有靶向作用, 不会对本地生物多样性造成威胁^[33]。

4 结论

本文对野外采集到的桉树叶瘿姬小蜂进行了 DNA 测序, 研究得到的线粒体 *COI* 和 *28S rRNA* 基因序列在 NCBI 在线比对, 与在线公布的

Ophelimus eucalypti 的同源性最高, 在 99% 以上, 且遗传范围在 0.01 范围内, 通过 DNA 条形码和进一步的形态学比对, 可认定本研究的害虫为桉树叶瘿姬小蜂。而桉树大痣小蜂通过以上方法进行线粒体 *COI* 和 *28S rRNA* 基因序列在 NCBI 在线比对, 鉴定为寄生蜂 *Megastigmidae* sp.1。

参考文献:

- [1] 刘涛, 谢耀坚. 中国桉树人工林快速发展动因分析与展望 [J]. 桉树科技, 2020, 37 (4): 38-47.
- [2] 王豁然. 桉树生物学概论 [M]. 北京: 北京科学出版社, 2010.
- [3] 谢耀坚. 南国桉树——一道蕴涵宝藏的绿色风景 [M]. 北京: 中共中央党校出版社, 2019.
- [4] 国家林业和草原局. 中国森林资源报告 (2014—2018) [M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.
- [5] 谢耀坚. 科技创新引领中国桉树研究和产业迅猛发展 [J]. 桉树科技, 2022, 39 (1): 35-42.
- [6] 田玉红. 天然香料桉叶油 [J]. 生命世界, 2021 (9): 34-35.
- [7] 陈少雄, 郑嘉琪, 刘学锋. 中国桉树培育技术百年发展史与展望 [J]. 世界林业研究, 2018, 31 (2): 7-12.
- [8] GAHAN A B. A list of the phytophagous Chalcidoidea, with descriptions of two new species [J]. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 1922, 24 (2): 33-58.
- [9] NOYES J S. Universal chalcidoidea database [EB/OL]. 2023.
- [10] LASALLE J, ARAKELIAN G, GARRISON R W, et al. A new species of invasive gall wasp (Hymenoptera: Eulophidae: *Tetrastichinae*) on blue gum (*Eucalyptus globulus*) in California [J]. Zootaxa, 2009, 2121 (3): 35-43.
- [11] MOLINA M G, ANGULO A O, OLIVARES T S, et al. *Ophelimus migdanorum* Molina-Mercader sp. nov. (Hymenoptera: Eulophidae): application of integrative taxonomy for disentangling a polyphenism case in *Eucalyptus globulus* Labill Forest in Chile [J]. Forests, 2019, 10 (9): 720.
- [12] 杨忠岐, 曹亮明, 王小艺等. 一种重要的桉树外来入侵害虫——桉树叶瘿扁角姬小蜂 (膜翅目: 姬小蜂科) [J]. 林业科学, 2023, 59 (8): 85-89.
- [13] CHEN H Y, YAO J M, HUANG S B, et al. *Ophelimus bipolaris* sp. n. (Hymenoptera, Eulophidae), a new invasive *Eucalyptus* pest and its host plants in China [J]. Insects, 2021, 12 (9): 778.
- [14] BOROWIEC N, LA S J, BRANCACCIO L, et al. *Ophelimus mediterraneus* sp. n. (Hymenoptera, Eulophidae): a new *Eucalyptus* gall wasp in the Mediterranean region [J]. Bulletin of Entomological Research, 2019, 109 (5): 678-694.
- [15] RAMAN A, WITHERS T M. Oviposition by introduced *Ophelimus eucalypti* (Hymenoptera: Eulophidae) and morphogenesis of female-induced galls on *Eucalyptus saligna* (Myrta-

- ceae) in New Zealand[J]. [Bulletin of Entomological Research](#), 2003, 93 (1) : 55-63.
- [16] ANISA R P, HIDAYAT P, BUCHORI D, *et al.* Parasitoids associated to *Ophelimus eucalypti* (Gahan)(Hymenoptera: Eulophidae) on *Eucalyptus* (Myrtaceae) plantations in North Sumatra, Indonesia[J]. [IOP Conference Series. Earth and Environmental Science](#), 2023, 1133 (1) : 12040.
- [17] KAVALLIERTOS N G, KONTODIMAS D C, ANAGNOU V M, *et al.* First record of the gall-inducing insect *Ophelimus eucalypti* (Gahan) (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) in Greece[J]. [Annals of the Benaki Phytopathological Institute](#), 2006, 20 (1) : 125-128.
- [18] NICHOLAS I, HAY E. Selection of special-purpose species: effect of pests and diseases[J]. [New Zealand Journal of Forestry Science](#), 1990, 20 (3) : 279-289.
- [19] SYAWALUDDIN S, HIDAYAT P, MARYANA N. Serangga yang berasosiasi dengan puru daun eukaliptus di Kabupaten Humbang Hasundutan dan Samosir, Provinsi Sumatra Utara[J]. [Jurnal Entomologi Indonesia](#), 2019, 16 (1) : 9-17.
- [20] FOLMER O, BLACK M, HOEH W, *et al.* DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates[J]. [Molecular Marine Biology and Biotechnology](#), 1994, 3 (5) : 294-299.
- [21] GILLESPIE J J, MUNRO J B, HERATY J M, *et al.* A secondary structural model of the 28S rRNA expansion segments D2 and D3 for chalcidoid wasps (Hymenoptera : Chalcidoidea)[J]. [Molecular Biology and Evolution](#), 2005, 22(7): 1593-1608.
- [22] AUGER-ROZENBERG M A , KERDELHUÉ C, MAGNOUX E , *et al.* Molecular phylogeny and evolution of host-plant use in conifer seed chalcids in the genus *Megastigmus* (Hymenoptera: Torymidae)[J]. [Systematic Entomology](#), 2006, 31(1): 47-64.
- [23] LE N H, NAHRUNG H F, MORGAN J A T, *et al.* Molecular markers reveal diversity in composition of *Megastigmus*(Hymenoptera : Megastigmidae) from *eucalypt* galls[J]. [Ecology and Evolution](#), 2020, 10(20): 11565-11578.
- [24] MIKDAT D. Diagnosis of *Megastigmus* spp. (Hymenoptera: Torymidae) reared from galls of *Leptocybe invasa* Fisher & Lasalle, 2004, (Hymenoptera: Eulophidae) on *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae), with description of a new species from South Africa[J]. [Entomofauna Zeitschrift Fur Entomologie](#), 2015, 36 (43) : 561-580.
- [25] MCLAREN P. *Ophelimus eucalypti*: a recently introduced gall-making insect on eucalypts[J]. [New Zealand Tree Grower](#), 1989, 10 (2) : 26-27.
- [26] 吴耀军, 蒋学建, 李德伟, 等. 我国发现 1 种重要的林业外来入侵害虫——桉树枝瘿姬小蜂 (膜翅目: 姬小蜂科)[J]. [林业科学](#), 2009, 45 (7) : 161-163.
- [27] KUMARI N K. Bioecology and management of *Eucalyptus* gall wasp, *Leptocybe invasa* Fisher & Lasalle (Hymenoptera: Eulophidae)[D]. Bangalore, India: University of Agricultural Sciences, 2009.
- [28] KULKARNI H, KAVITHAKUMARI N, VASTRAD A S, *et al.* Release and recovery of parasitoids in *Eucalyptus* against gall wasp, *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) under green house[J]. [Karnataka Journal of Agricultural Sciences](#). 2010, 23(1): 91-92.
- [29] HUANG Z Y, LI J, LU W, *et al.* Parasitoids of the *Eucalyptus* gall wasp *Leptocybe* spp. : a global review[J]. [Environmental Science and Pollution Research](#), 2018, 25 (30) : 29983-29995.
- [30] SINULINGGA N G H B, TARIGAN M, TAVARES W D S, *et al.* The parasitoid *Closterocerus chamaeleon* has a greater development and survival rate than of its hosts, the *Eucalyptus* gall wasps *Ophelimus eucalypti* and *Ophelimus maskelli* in Sumatra, Indonesia[J]. [Annals of Applied Biology](#), 2021, 179 (3) : 354-367.
- [31] 刘慧慧, 曹亮明, 王小艺, 等. 我国发现外来入侵害虫桉树叶瘿球角姬小蜂的重要天敌——桉树扁角金绿姬小蜂 (膜翅目: 姬小蜂科)[J]. [中国生物防治学报](#), 2023, 39 (4) : 995-1000.
- [32] WITHERS T M, RAMAN A, BERRY J A. Host range and biology of *Ophelimus eucalyptii* (Gahan)(Hym.:Eulophidae), a pest of New Zealand eucalypts[J]. [New Zealand Plant Protection](#), 2000, 53 (4) : 339-344.
- [33] LOUDA S M , PEMBERTON R W , JOHNSON M T , *et al.* Nontarget effects—the Achilles' heel of biological control? Retrospective analyses to reduce risk associated with biocontrol introductions[J]. [Annual Review of Entomology](#), 2003, 48 (1) : 365-396.

First Report of *Ophelimus eucalypti* (Gahan) and Its Parasitoid *Megastigmus* sp.1

LUO Yan-ling¹, YANG Ju¹, MA Shao-jian², SU Zhong-qj¹, MA Tao¹, WEN Xiu-jun¹

(1. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China; 2. Forestry Management Center of Huadu District, Guangzhou 510400, Guangdong, China)

Abstract: [Objective] The insect galls formed on the leaves of *Eucalyptus* in China caused the growth deformity of *Eucalyptus* leaves. Molecular and morphological identification of a pest with slow growth were carried out to determine the species of pests, which provided a theoretical reference for field identification, monitoring and control of pests. [Method] In the *Eucalyptus* forest in Huadu District of Guangzhou City, 10 branches of *Eucalyptus* with pest galls were collected. They were placed in a transparent plastic circular pot, and the eclosion wasps in the insect galls were collected every day, and the number and species were counted. Genomic DNA was extracted using a DNA extraction kit, and the DNA genes of the wasps were sequenced for *COI* and *28S rRNA*. At the same time, the same genus species were downloaded on NCBI. *Closterocerus chamaeleon* (Girault) was used as the outgroup, and MAGE 11 was used to construct the phylogenetic tree based on the adjacency method. The morphological characteristics of adults, eggs, larvae and pupae of *Ophelimus eucalypti* were observed by stereomicroscope, and the species were identified by comparative analysis with relevant literatures. [Result] A total of 1485 pest wasps and 217 parasitic wasps were obtained. The sequence lengths of *COI* and *28S rRNA* of *Ophelimus eucalypti* were 665 bp and 588 bp, respectively. The sequence lengths of *COI* and *28S rRNA* of *Megastigmus* sp.1 were 675 bp and 1 049 bp, respectively. Through Blastn homology comparison, the highest similarity with *Ophelimus eucalypti* (Gahan) and *Megastigmus* sp.1 published online was more than 99%. After morphological verification, it was determined that the pest was identified as *Ophelimus eucalypti* (Gahan), and the parasitoid was identified as *Megastigmus* sp.1. [Conclusion] The found *O. eucalypti* formed a large number of galls on a variety of *Eucalyptus*, resulting in the inhibition of the growth of the top of *Eucalyptus* and affecting the formation of *Eucalyptus* forest. It is necessary to strengthen the pests monitoring and prevention, and prevent the pests from spreading widely in the *Eucalyptus* cultivation area. At the same time, parasitic wasps can also be used for biological control to achieve sustainable pest management.

Keywords: *Ophelimus eucalypti*; Eulophidae; *Megastigmus* sp.1; parasitic wasp; DNA examination; morphological character

(责任编辑: 崔 贝)