

外来物种桉弗天牛 *Phoracantha semipunctata* Fabricius 在我国的首次系统报道及风险分析*

刘振华^{1**} 黄少彬² 李志强^{1***}

(1. 广东省科学院动物研究所, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广州 510260; 2. 广东生态工程职业学院, 广州 510520)

摘要 【目的】报道桉弗天牛 *Phoracantha semipunctata* Fabricius 在我国的野外定殖, 并评估其风险等级。【方法】通过野外踏查以及飞阻和马氏网等被动采集方法, 在广东省桉树林进行昆虫采集; 利用形态学研究方法对采集到的昆虫进行鉴定。根据森林、草原和湿地生态系统外来入侵物种风险评估指标体系, 对桉弗天牛在我国的入侵风险进行定性和定量分析。【结果】在广东省广州市、东莞市、中山市和韶关市发现了桉弗天牛的野外定殖, 风险分析结果显示, 桉弗天牛在森林草原湿地生态系统的风险评估值 P 为 0.87, 目前属于低度危险的有害生物。【结论】桉弗天牛在我国为低度危险的有害生物, 零星分布, 需加强监测并开展生物学及防治方向的研究。

关键词 桉弗天牛; 桉树; 甲虫; 林业害虫; 定殖; 防控

The first systematic report of an introduced species, *Phoracantha semipunctata* Fabricius in China, and a risk analysis for this pest

LIU Zhen-Hua^{1**} HUANG Shao-Bin² LI Zhi-Qiang^{1***}

(1. Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Institute of Zoology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510260, China; 2. Guangdong Eco-Engineering Polytechnic, Guangzhou 510520, China)

Abstract [Aim] To report the presence of an introduced species *Phoracantha semipunctata* Fabricius in China, and evaluate the risk posed by this species. [Methods] Manual investigation, flight intercept traps and Malaise traps were used to collect insects in *Eucalyptus* forests of Guangdong Province. Identification was based on morphological characters. Risk level was analyzed based on the risk assessment indicator system of invasive species in forest, grassland and wetland ecosystems provided by the National Forestry and Grassland Administration. [Results] The introduced species *P. semipunctata* was found to have colonized Guangzhou, Dongguan, Zhongshan and Shaoguan in Guangdong province, and its risk value (P) was assessed as 0.87 in forest, grassland and wetland ecosystems, which is indicative of a low risk pest at present. [Conclusion] *P. semipunctata* is a low risk pest in China and sporadically distributed at present, which required enhancement of monitoring and studies on the biology, prevention and control.

Key words *Phoracantha semipunctata*; *Eucalyptus* tree; beetle; forest pest; colonization; prevention and control

*资助项目 Supported projects: 广东省科学院打造综合产业技术创新中心行动专项 (2022GDASZH-2022010106); 广东省科学院科技发展专项 (2020GDASYL-20200301003); 广东省“创新强校工程”科研项目 (2022KCXTD050)

**第一作者 First author, E-mail: Liuzhh_beetle@giz.gd.cn

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: Lizq@giabr.gd.cn

收稿日期 Received: 2023-12-05; 接受日期 Accepted: 2024-05-31

桉树是桃金娘科 *Myrtaceae* 桉属 *Eucalyptus*、杯果木属 *Angophora* 和伞房属 *Corymbia* 植物的统称,是世界三大速生树种之一。桉树原生于澳大利亚和东南亚华莱士线以东地区,目前作为经济树种引种到世界各地 (Booth, 2013)。我国早在 1890 年便开始引种桉树,主要作为绿化树种;20 世纪 50 年代开始在广东和广西地区大面积种植,并逐渐扩散至整个南方地区 (祁述雄, 2002)。据国家林业和草原局 (2019) 统计,截至 2018 年,我国桉树种植面积已达到 546.74 万 hm^2 。目前,桉树是我国最重要的工业树种之一,广泛应用于造纸和板材制造等领域。据统计,2015 年我国生产的原木中约 27% 来源于桉树,桉树产业的总产值达约 3 000 亿元人民币 (Xie *et al.*, 2017)。广东和广西是我国桉树种植面积最大的 2 个省 (自治区),占全国总种植面积的 75% 以上 (Xie *et al.*, 2017)。其中,广东桉树种植面积超过 135 万 hm^2 , 占全省森林面积的 13.3% (樊晶等, 2016); 广西桉树种植面积超过 303 万 hm^2 (黄云, 2023)。

作为重要的经济树种,桉树相关的病虫害一直备受关注。目前,我国发现的桉树病虫害主要包括桉树焦枯病、桉树青枯病、桉树枝枯病、桉树枯梢病、油桐尺蠖 *Biston suppressaria* Guenée, 1857、桉树枝瘿姬小蜂 *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle, 2004 和桉蝙蛾 *Endoclyta signifier* Walker, 1856 等 (姚珍等, 2007; 伍荔霞, 2008; 杨秀好等, 2012; 魏初奖等, 2017; 黄云, 2023; 字强等, 2023)。除油桐尺蠖外,以上害虫均为外来入侵物种,来自桉树原产地。近年来,又有 3 种危害桉树叶的入侵害虫被发现,分别为桉树叶甲 *Trachymela sloanei* Blackburn, 1896 (Zhang *et al.*, 2020)、两面叶瘿姬小蜂 *Ophelimus bipolaris* Chen & Yao, 2021 (Chen *et al.*, 2021) 和桉树叶瘿球角姬小蜂 *O. maskelli* Ashmead, 1900 (杨忠岐等, 2023)。可见在桉树原产地或其他桉树引种区危害桉树的许多害虫均有可能传入中国。

桉弗天牛 *Phoracantha semipunctata* Fabricius, 1775 是一种原产自澳大利亚的桉树蛀干害虫,早已入侵至许多种植桉树的地区与国家,包括非洲的摩洛哥、突尼斯、南非,欧洲的西班牙、地

中海地区,美洲的美国、巴西以及亚洲的印度等地 (Drinkwater, 1975; Ivory, 1977; FAO, 1981; Scriven *et al.*, 1986; Hanks *et al.*, 1995; Seaton *et al.*, 2015), 并造成了不同程度的经济损失。冯贤和马骏 (2007) 曾提及桉弗天牛的危险性,我国海关也曾截获该虫,报道为桉嗜木天牛 (廖基任和林晓佳, 2015), 但在此研究之前并没有其野外定殖的正式记录。本研究在中山市五桂山区通过飞阻装置采集到 2 头桉弗天牛成虫,在广州、东莞和韶关仁化也发现了该天牛的踪迹,且在广州市天河区一苗圃内倒伏桉树的树皮发现幼虫钻蛀 (图 1: A-C), 深圳也可能已经出现它的踪迹 (同行交流), 说明桉弗天牛在广东省多个地区已有零星定殖。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究中桉弗天牛采自广东省中山市五桂山自然保护区,均制备成针插干制标本供检视和研究。具体标本检视信息如下: 广东省中山市五桂山自然保护区, 22°25'48.0" N, 113°26'23.6" E, 2021.VI.7-10, 杨海东采, 飞阻/桉弗天牛 *Phoracantha semipunctata* Fabricius, 1775, 鉴定人: 刘振华/标本编号: S-C-41200000C-02-01; 广东省中山市五桂山自然保护区, 22°25'48.0" N, 113°26'21.8" E; 2020.V.13-28, 杨海东采, 飞阻/桉弗天牛 *Phoracantha semipunctata* Fabricius, 1775, 鉴定人: 刘振华/标本编号: S-C-41200000C-01-01。

1.2 试验方法

1.2.1 标本采集、制作及拍照 采用踏查、飞阻和马氏网采集桉弗天牛。采集的标本在无水乙醇 ($\geq 99.7\%$) 中保存,制作干制标本时将其取出,在吸水纸上吸干液体后移至高密度泡沫板上,用镊子调整虫体足、触角和头等部位的位置,并用 2 号昆虫针进行固定,整姿完成的标本自然晾干,待虫体干透后取下昆虫针即可。利用 Leica Sapo 体视显微镜 (Leica Microsystems (Switzerland) Ltd.) 进行形态学观察。



图 1 桉弗天牛生境及危害 (广州)

Fig. 1 Habitat and damage of *Phoracantha semipunctata* (Guangzhou)

A: 生境; B: 危害状; C: 幼虫及蛀道。

A: Habitat; B: Damage; C: Larva and tunnel.

标本拍摄使用 Canon 7D 单反相机 (CANON INC.), 搭配 Canon 100 mm 微距镜头 (CANON INC.) 和永诺双头闪光灯 (深圳市永诺摄影器材股份有限公司)。相机固定在 Wemacro 拍照系统中的自动导轨上, 使用 Wemacro 和 Helicon Remote (v. 3.9.10 M) 两款拍摄软件进行拍摄控制。分层相片在 Helicon Focus v. 8.1.1 中进行对齐叠加, 叠加后的相片在 Photoshop CC 2022 中进一步处理, 并制作图版。

1.2.2 风险分析方法 风险分析方法依照森林、草原和湿地生态系统外来入侵物种风险评估指标体系 (<http://lyj.yanan.gov.cn/upload/lyj/2023/07/06/202307061527486742.pdf>)。通过调查和查阅文献, 对桉弗天牛的传入定殖风险、扩散蔓延

风险、潜在危害和影响, 以及预防和治理难度进行定性分析。根据上述定

性分析, 确定桉弗天牛评判的各项指标, 并对评判指标赋分。最后, 依据下列公式进行风险评估值 (P) 的计算: $P = \sqrt[4]{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4}$ 。其中, $P_1 = 0.3P_{11} + 0.3P_{12} + 0.2P_{13} + 0.2P_{14}$; $P_2 = \sqrt[4]{P_{21} \cdot P_{22} \cdot P_{23} \cdot P_{24}}$; $P_3 = \text{Max}(P_{31}, P_{32}, P_{33})$; $P_4 = (P_{41} + P_{42} + P_{43})/3$ 。

2 结果与分析

2.1 桉弗天牛的生物学信息

2.1.1 桉弗天牛的分类地位 桉弗天牛隶属鞘翅目 Coleoptera 多食亚目 Polyphaga 叶甲总科 Chrysomeloidea 天牛科 Cerambycidae 天牛亚科

Cerambycinae 弗天牛属 *Phoracantha*。曾用中文名有桉嗜木天牛、桉树嗜木天牛、双斑贼天牛、桉天牛和双斑弗天牛等。本研究采用规范化(种加词+属名)的桉弗天牛作为本种标准中文名。

2.1.2 桉弗天牛成虫的形态特征 头、前胸、腹部可见腹板和鞘翅大部分呈黑褐色, 鞘翅基部 1/3 处具有不规则黄色斑纹(图 2: A, B), 端部具椭圆形黄色斑; 触角、足和中后胸腹板为红棕色。

体长 18-28 mm。头前口式, 窄于前胸; 头背面复眼间间距约为复眼在背面宽的一半, 头顶及腹面具不规则粗糙刻点, 额部和复眼与触角窝之间有密集刚毛; 额部在复眼间下凹; 额唇基缝明显, 前缘平截。复眼大, 位于头部两侧, 不明显突出, 背面肾形, 腹面近梯形。触角位于复眼内侧, 11 节, 细长, 长度超过虫体; 柄节粗大, 顶端宽于基部, 梗节远短于其他节, 3-7 节端部一侧具刺突; 触角各节长度比约为 1.0 : 2 : 1.2 : 1.2 : 1.2 : 1.2 : 1.1 : 1.0 : 0.9 : 0.8 : 1.0。上唇横宽, 前缘稍凹, 具较长刚毛; 上颚近三角形, 背面基部具亚侧缘缝, 末端有单齿, 向内弯曲; 下颚发达, 下颚须 4 节, 末节斧状, 外颚叶顶端和内颚叶内缘具密集长刚毛, 末端弯曲; 下唇须 3 节, 末节斧状; 唇舌中央深凹, 末缘具密集刚毛。

前胸背板长约为宽的 0.8 倍; 侧缘稍弧形, 无侧脊, 在近中央处有一对刺突; 表面具 4 个稍凸起的光滑区, 其他区域有粗糙刻点, 刻点间间距明显小于刻点直径。前胸腹板在中间具横凹,

横凹前较光滑, 横凹后具横向皱褶, 在前足基节前有横缝; 前胸腹突末端稍宽, 其宽度为前足基节窝横宽的 0.4 倍。前足基节窝近圆形, 向后开放, 基转片外露。前足基节球状, 稍突出。小盾片可见部分三角形, 红棕色, 具白色短刚毛。

鞘翅瘦长, 长约为宽的 2.3 倍; 侧缘在基部 1/3 处稍缢缩, 顶端近平截, 内缘具有短刺突, 外缘具稍长刺突; 鞘翅背面基部 1/2 有粗糙刻点, 不明显排成列, 端部 1/2 的刻点变细, 逐渐不可见, 具稀疏短刚毛; 鞘翅缘折窄, 向后延伸至近端部。中胸腹板前端下凹, 较光滑, 后端两侧有凹陷, 表面粗糙, 具稀疏刚毛; 中胸前侧片和中胸后侧片具密集刚毛。中胸腹突与后胸腹板在中足基节窝间单凹型相接, 宽约为中足基节窝横宽的 0.8 倍。后胸腹板表面具细刻点和刚毛, 刻点向两侧逐渐变密集; 纵缝长约为后胸腹板长的 0.7 倍; 后胸前侧片细长, 向后延伸至后胸后足基节前缘, 具密集刚毛。中足基节窝近圆形, 侧面开放至中胸腹板和后胸腹板, 基转片不可见; 中足基节近球形, 稍突出。后足基节横宽, 向两侧逐渐变窄, 侧面延伸至鞘翅。足细长, 股节稍膨大; 胫节向顶端逐渐变粗, 末端具一对不对称的端距; 跗节隐 4 节式, 第 1 节最长, 第 3 节明显二裂呈瓣状, 第 4 节短小不可见, 跗爪小。

腹部具 5 节可见腹板, 向后逐渐变窄, 末节近三角形; 表面较光滑, 具密集短刚毛及稀疏长刚毛。第 1 节腹板前缘有发达的基节间间凸, 顶端窄弧形。各节腹板长度之比约为 1 : 0.5 : 0.4 : 0.3 : 0.4。

2.1.3 桉弗天牛的寄主范围 桉弗天牛主要寄生于桉属及其相近属的植物。在原产地澳大利亚记录的寄主植物超过 40 种 (Wang, 1995)。在我国广泛种植的寄主植物有尾叶桉 *E. urophylla*、巨桉 *E. grandis*、粗皮桉 *E. pellita*、蓝桉 *E. globulus*、赤桉 *E. camaldulensis* 和细叶桉 *E. tetreticornis* 等 (祁述雄, 2002)。

2.1.4 桉弗天牛的习性 桉弗天牛成虫具有夜行性, 取食桉树花粉和花蜜, 容易被桉树释放的挥发性化学物质吸引, 偏好受胁迫或死亡的桉树 (Barata et al., 2000)。雄虫和雌虫在树干表面快速爬行并交配(图 3: A), 交配后的雌虫在松散

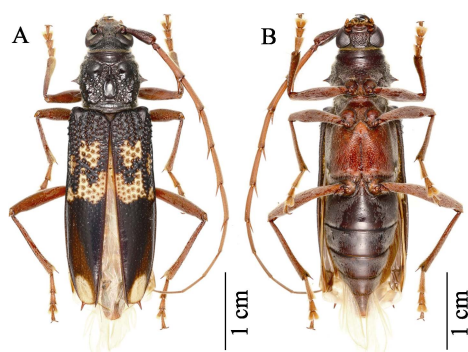


图 2 桉弗天牛标本照

Fig. 2 Habitus of *Phoracantha semipunctata*

A: 背面观; B: 腹面观。

A: Dorsal view; B: Ventral view.



图 3 桉弗天牛生态照 (澳大利亚堪培拉)

Fig. 3 Ecological photos of *Phoracantha semipunctata* (Canberra, Australia)

A. 交配; B. 产卵。

A. Mating; B. Oviposition.

的桉树树皮或树皮裂缝内产卵 (图 3: B)。1 头雌虫单次可产卵 3-30 粒, 卵期 10-14 d。幼虫孵化后可能先在树皮表面取食, 然后钻入树皮, 取食形成层, 直至接近化蛹。幼虫在树皮内钻蛀时, 会形成宽约为头宽 2-3 倍的蛀道, 接近化蛹时, 则会先朝树皮方向钻蛀出一条通道, 以便成虫羽化后钻出, 然后再向树干内钻蛀几厘米作为蛹室。幼虫期与季节和寄主植物状态相关, 约 70-180 d, 蛹期约 20 d (Scriven *et al.*, 1986)。

2.2 桉弗天牛的风险分析

2.2.1 定性分析

2.2.1.1 传入定殖风险分析 目前桉弗天牛的已知分布地区涉及南极洲外的所有大洲和多种气候类型, 说明其具有很强的气候环境适应能力。在我国尤其是南方地区, 桉树种植面积广泛, 2018 年已达到 546.74 万 hm^2 , 为桉弗天牛的定

殖提供了充足的寄主植物。另外, 研究人员结合现有的桉弗天牛分布以及各地气候信息进行模型分析, 推测东亚和东欧是其潜在入侵地区 (Zhao *et al.*, 2023), 我国也在这一范围内。因此, 桉弗天牛在我国具有很高的定殖可能性。

2.2.1.2 扩散蔓延的风险分析 南方地区特别是广东和广西的桉树种植面积近 440 万 hm^2 , 为桉弗天牛的扩散提供了基础。桉弗天牛具有一定的飞行能力, 且产卵量较大, 同时作为新的外来入侵物种, 目前尚无有效天敌进行控制。因此, 在我国南方地区具有较大的扩散风险。

2.2.1.3 潜在危害和影响 除原产地澳大利亚外, 桉弗天牛在许多入侵地区都造成了桉树的大面积死亡 (Paine *et al.*, 1995; Belal *et al.*, 2017)。如果桉弗天牛在我国成灾, 结合我国桉树种植现状, 同样可能导致大面积的桉树死亡。桉树在我国具有重要的经济价值, 以少于全国 10% 的森林面积生产超过 25% 的木材 (谢耀坚, 2015)。因此, 桉弗天牛的入侵可能造成巨大经济损失。研究发现, 桉弗天牛寄主专一性较强, 不易发生寄主转移 (Hanks *et al.*, 1995), 对本土物种基本不会造成危害, 对生态环境的潜在影响有限。

2.2.1.4 预防和治疗难度 桉弗天牛的寄主局限于桉属及其近缘植物, 其跨境传播主要依靠桉树木材运输, 因此对桉弗天牛预防具有明确的目标。由于目前桉弗天牛在我国境内仅有零星发现, 并没有成灾现象, 对入境木材的检疫仍是预防的关键, 相对难度也较小。

桉弗天牛作为新入侵的蛀干害虫, 目前并没有成熟的治理方案, 国外相关研究主要是依赖寄生性天敌进行生物防治 (Austin *et al.*, 1994; Moore, 2003)。但我国并没有已知的生物天敌, 因此治理方法需要参照其他蛀干害虫, 尤其是天牛类害虫, 防治方法主要包括化学和物理防治 (戴建昌等, 1998; 高苏岚等, 2007; 付伟宏, 2023)。物理防治有灯诱和人工清除等方法, 但桉弗天牛未有趋光习性报道, 人工清除也不适用于大面积桉树林。化学防治主要包括药剂喷洒、虫道注射和毒签法。虫道注射和毒签法同样需要大量人力, 不适用于大面积桉树林。喷洒法对蛀干害虫的防治效果有限, 目前可用方案主要是依

据桉树木天牛取食桉树花蜜和花粉的习性,在其羽化期进行药物喷洒以杀灭成虫或抑制其取食产卵。但目前桉弗天牛在我国发生的季节动态尚不明确,还需进一步研究。综上所述,桉弗天牛

一旦暴发,其治理难度非常大。

2.2.2 定量分析 桉弗天牛的定性分析及赋分见表 1,通过文献记录及研究调查结果,对桉弗天牛的传入定殖风险、扩散风险、潜在危害与影

表 1 桉弗天牛风险性分析评判指标赋分表
Table 1 Risk analysis evaluation index of *Phoracantha semipunctata*

一级指标 (准则层) First-level indicators (criterion layer)	二级指标 (指标层) Second-level indicators (index layer)	具体参数和赋分区间 (具体评估指标) Specific parameters and ranges of assignment (specific evaluation indicators)	赋分值 Assign value	赋分理由 Reasons for assignment
P ₁ 传入定殖 风险 Risk of introduction and colonization	P ₁₁ 环境因子适宜度 Suitability of environmental factors	评估区域气候环境和水环境(包括温度、湿度、光照和降水等)的适宜度低(0-1);适宜度一般(1-3);适宜度高(3-4) Climatic and water environments (including temperature, humidity, illumination and precipitation <i>et al.</i>) in the evaluate areas: Low suitability (0-1); medium suitability (1-3); high suitability (3-4)	1	桉弗天牛在世界范围内的入侵说明其对环境的适应能力较强,但我国南方桉树种植地区的潮湿环境对其具有一定的抑制作用(Hanks <i>et al.</i> , 1999; Seaton <i>et al.</i> , 2015) <i>P. semipunctata</i> has been introduced to a lot of countries around the world, showing strong adaptive capacity, but the high humidity in south China has inhibitory effect on the development of this species (Hanks <i>et al.</i> , 1999; Seaton <i>et al.</i> , 2015)
	P ₁₂ 食物(基质)因子的适宜度 Suitability of nutritious factors	评估区域的动物食料、昆虫、微生物寄主和土壤对植物生存适合度(主要考虑病虫害寄主和动物食料种类、数量、分布范围,以及区域内土壤的适宜度或适宜植物生存的土壤分布范围)。低(0-1);适合度一般(1-3);适合度高(3-4) Food of animals, hosts of insects and microorganisms, suitability of soil for plants in the evaluate areas (mainly based on the diversity of hosts and foods of microorganisms, insects and animals, suitability): Low (0-1); medium (1-3); high (3-4)	0.5	桉弗天牛对桉树具有一定的偏好性,已知的易受侵害桉树品种在我国桉树种植中所占比例较低 <i>P. semipunctata</i> prefers several certain species of <i>Eucalyptus</i> , which are not commonly grown in China
	P ₁₃ 生长繁殖特性 Growth and reproduction	繁殖能力[综合考虑繁殖方式(有性和无性等)、产卵数量和生长周期等]弱(0-1);繁殖能力一般(1-3);繁殖能力强(3-4) Reproductive capacity (considering the modes of reproduction, number of eggs laid by single female, life cycles): Low (0-1); medium (1-3); high (3-4)	0.5	桉弗天牛雌虫虽产卵量较高,但幼虫发育期较长,仅能通过有性生殖 <i>P. semipunctata</i> performs sexual propagation, females produce large number of eggs, but the life cycle requires long time
	P ₁₄ 天敌情况 Natural enemy	天敌控制能力强(0-1);无有效天敌(3-4);介于二者之间,根据天敌的具体情况打分(1-3) Easily be controlled by enemies (0-1); without effective enemy (3-4); between the situations mentioned before (1-3)	1.5	国内尚无明确的桉弗天牛天敌,但有寄生于其他天牛幼虫体内的天敌 No natural enemy of <i>P. semipunctata</i> is reported in China at present, but there are natural enemies which parasitize the larvae of other longhorn beetles

续表 1 (Table 1 continued)

一级指标 (准则层) First-level indicators (criterion layer)	二级指标 (指标层) Second-level indicators (index layer)	具体参数和赋分区间 (具体评估指标) Specific parameters and ranges of assignment (specific evaluation indicators)	赋分值 Assign value	赋分理由 Reasons for assignment
P_2 扩散风险 Risk of dispersal	P_{21} 分布情况 Distribution	分布范围(按分布的县级区划占风险 评估区域内所有县级行政区数量的百 分比计算)<2%(0-1); 2%-20%(1-3); >20%(3-4) Distribution (based on the proportion of county-level divisions): <2% (0-1); 2%-20% (1-3); >20% (3-4)	0.3	目前仅在广东省的广州、深圳、 东莞、中山和韶关有零星分布 Only distributed in Guangzhou, Shenzhen, Dongguan, Zhongshan and Shaoguan of Guanngzhou at present
	P_{22} 现有管理措施 Management measures at presennt	没有相应的管理措施或管理办法 (0-1); 被省级列为检疫或重点管理 对象(1-3); 被国家列为检疫或重点 管理对象(3-4) Without management measures (0-1); listed as quarantine or key management objects at provincial level (1-3); listed as quarantine or key management objects by the nation (3-4)	0.1	非林业检疫和危险性有害生物名 单物种, 亦非国家重点管理名单 物种 <i>P. semipunctata</i> is not included on the forestry quarantine and dangerous pest list, nor on the national key management list
	P_{23} 传播扩散能力 Dispersal capacity	仅能通过自然传播方式进行短距离传 播扩散或迁徙(0-1); 仅可通过人为 活动进行传播(1-3); 可通过自然传 播方式和生物携带、运输工具及包装 携带等人为传播方式进行传播扩散 (3-4) Can only spread or migrate over short distances through natural transmission methods (0-1); can only be spread through human activity (1-3); can spread through natural transmission methods and artificial transmission methods such as biological carriers, transportation vehicles and packaging carriers (3-4)	3	既可通过桉树木材的运输进行扩 散, 也能依靠其飞行能力进行自 然传播 It can spread through the transport of eucalypts woods, and can also disperse by its flying ability
	P_{24} 适生范围 Range of suitability	评估区域内适生地区占评估区域的比 例(适生范围按县级行政区划数量或 面积计算)<2%(0-1); 2%-35%(1-3); >35%(3-4) The proportion of suitable area to the evaluate area (calculate in number of county-level divisions or area), <2% (0-1); 2%-20% (1-3); >20% (3-4).	2	在我国 34 个省、直辖市、自治区 和特别行政区中, 11 个地区有桉 树种植, 桉树种植地区比例为 32% (Zhang and Wang, 2021) Within the 34 provinces, municipalities and special administrative regions in China, <i>Eucalyptus</i> trees are grown in 11 of those areas, which make up 33% of the total number (Zhang and Wang, 2021)
P_3 潜在危害与 影响 Potential hazards and impacts	P_{31} 对社会经济的 影响 Influences on society and economy	未造成明显经济损失(0-1); 已对当 地造成较大经济损失(1-3); 已在分 布地区造成了极大经济损失(3-4) No obvious economic losses were caused (0-1); relatively high economic losses were caused (1-3); great economic losses were caused in the distribution areas (3-4)	0.3	首次发现野外定殖, 尚未造成明 显经济损失 Colonization of <i>P. semipunctata</i> is firstly found in China, which has not caused distinct economic loss

续表 1 (Table 1 continued)

一级指标 (准则层) First-level indicators (criterion layer)	二级指标 (指标层) Second-level indicators (index layer)	具体参数和赋分区间 (具体评估指标) Specific parameters and ranges of assignment (specific evaluation indicators)	赋分值 Assign value	赋分理由 Reasons for assignment
P_3 潜在危害与 影响 Potential hazards and impacts	P_{32} 对生态环境的 影响 Influences on ecological environments	只危害森林、草原和湿地生态系统类 型中的 1 种 (0-1); 2 种 (1-3); 全部 危害 (3-4) Number of ecosystem types harmed in forest, grassland and wetland: 1 (0-1); 2 (1-3); 3 (3-4)	1	桉弗天牛仅危害森林生态系统中的 桉树 <i>P. semipunctata</i> is restricted to the <i>Eucalyptus</i> trees in the forest ecosystem
	P_{33} 危害对象重要 程度 Importance of harmful objects	危害对象 (昆虫分析其危害的寄主经 济价值和当地社会生态环境的危害) 经济价值低, 对社会和生态环境的 影响小 (0-1); 危害对象经济价值一 般, 对社会和生态环境的影响一般 (1-3); 危害对象经济价值高, 对社 会和生态环境的影响大 (3-4) Harmful object (insects analyze the economic value and harm to the local social and ecological environments of their hosts) has low economic value, and weakly influences society and ecological environment (0-1); harmful object has medium economic value, and moderately influences society and ecological environment (1-3); harmful object has high economic value, and strongly influences society and ecological environment (3-4)	1	其危害对象桉树具有一定的经济 价值, 但在许多地方已被禁止种 植和砍伐; 作为外来引进物种, 桉树对社会和生态环境无明显影 响 The harmful object, <i>Eucalyptus</i> trees are of certain economic value, but the plantation and felling are forbidden in many areas; <i>Eucalyptus</i> trees have indistinct influences on society and ecological environment as introduced species
P_4 危害控制 Hazard control	P_{41} 检验鉴定识别 难度 Difficulty of identification	检验方法可靠且快捷 (0-1); 现有检 验方法可靠性很差, 检验时间长 (3-4); 其他介于二者之间, 根据物种具体情 况打分 (1-3) Identification methods are reliable and fast (0-1); identification methods are not reliable, require long time (3-4); between the former situations, based on specific species (1-3)	0.1	桉弗天牛寄主明确, 外形易于区 分 <i>P. semipunctata</i> is highly restricted to the <i>Eucalyptus</i> trees, and can be easily recognized by external morphology
	P_{42} 监测调查难度 Difficulty of monitor and investigation	监测方法简单, 易于掌握种群发生发 展动态和危害的趋势等 (0-1); 监测调 查难度大 (3-4); 其他介于二者之间, 根据物种具体情况打分 (1-3) Monitor methods easy, it's easy to figure out the population development dynamics and trends of hazards (0-1); difficult to monitor (3-4); between the former situations, based on specific species (1-3)	1	桉弗天牛危害具有明显的蛀道, 成虫可通过设立飞阻陷阱进行固 定样点观测 Larva of <i>P. semipunctata</i> make distinct tunnels under barks, adults can be caught by flight intercept traps
	P_{43} 控制管理难度 Difficulty of control and management	现有防治方法简单有效, 控制率 85% 以上 (0-1); 30%-85% (1-3); 30%以 下 (3-4) Prevention and control methods are efficient, control rate above 85% (0-1); 30%-85% (1-3); below 30% (3-4)	2	桉弗天牛防治可以参照国内其它 桉树蛀木害虫或天牛类害虫的防 治方法, 但效率一般 (覃艳, 2023) The prevention and control of <i>P.</i> <i>semipunctata</i> can refer to the other wood borers or longhorn beetles in China, which are usually not efficient (Qin, 2023)

响和危害控制进行分析,并根据表格中的赋分标准对上述 4 个一级指标下的二级指标进行赋分,最后通过公式计算得到风险评估值 $P = 0.87$ 。

2.2.3 风险等级划分 根据森林、草原和湿地生态系统外来入侵物种风险等级划分标准进行综合评价,风险等级分为 3 级: P 值为 2.8-4.0 为高风险,1.2-2.8 为中风险,0-1.2 为低风险。桉弗天牛在森林、草原和湿地生态系统的风险评估值 P 为 0.87,属于低度危险有害生物。

3 结论与讨论

现有调查表明,桉弗天牛在我国广东省境内已有定殖,但尚未造成明显危害。其风险等级为低度危险的有害生物,在我国有零星分布,但结合其在全球范围内所造成的危害、国内桉树种植面积以及桉树在我国的重要经济价值,桉弗天牛仍是一种需要高度重视的入侵害虫,需加强监测,防止其对我国特别是以两广地区为代表的桉树种植区带来巨大的经济损失。因此,对于桉弗天牛生物学及其防治的研究十分紧迫。首要任务是调查其在我国发生的季节动态,这将为桉弗天牛的综合防治提供精确的时间点,提高防治效率。

有研究表明,桉树树皮的水分与其被桉弗天牛侵害的概率和桉弗天牛幼虫发育情况相关(Hanks *et al.*, 1999; Seaton *et al.*, 2015)。树种多样化和水分充足的健康森林对桉弗天牛具有更高的抵抗力。然而,我国桉树种植大多为单一林相,且其极快的生长速度容易导致土壤失水严重(张樟德, 2008; 邹碧山等, 2019),是桉弗天牛的易感类型。因此,在桉弗天牛的预防措施中,通过改变现有桉树林的林相结构提高树林的湿度是值得考虑的方法。

参考文献 (References)

- Austin AD, Quicke DLJ, Marsh PM, 1994. The hymenopterous parasitoids of eucalypt longicorn beetles, *Phoracantha* spp. (Coleoptera: Cerambycidae) in Australia. *Bulletin of Entomological Research*, 84(2): 145–174.
- Barata EN, Pickett JA, Wadhams LJ, Woodcock CM, Mustaparta H, 2000. Identification of host and nonhost semiochemicals of *Eucalyptus* woodborer *Phoracantha semipunctata* by gas chromatography-electroantennography. *Journal of Chemical Ecology*, 26(8): 1877–1895.
- Belal GS, Chavanon G, Chafi A, Chaabane K, 2017. Annual evaluation of *Phoracantha semipunctata* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Cerambycidae) in the North Eastern Morocco. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(1): 273–288.
- Booth TH, 2013. Eucalypt plantations and climate change. *Forest Ecology and Management*, 301: 28–34.
- Chen HY, Yao JM, Huang SB, Pang H, 2021. *Ophelimus bipolaris* sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), a new invasive *Eucalyptus* pest and its host plants in China. *Insects*, 12(9): 778.
- Dai JC, Zhao JN, Zhang GX, Chen XZ, Wu ZL, Bao LF, 1998. The study on chemical prevention of *Monochamus alternatus* Hope. *Forest Research*, 11(4): 73–77. [戴建昌, 赵锦年, 张国贤, 陈行知, 吾中良, 鲍丽芳, 1998. 松墨天牛化学防治的研究. 林业科学研究, 11(4): 73–77.]
- Drinkwater TW, 1975. The Present pest status of *Eucalyptus* borers *Phoracantha* spp. in South Africa. Proceedings of the first Congress of the Entomological Society of South Africa. Stellenbosch: 119–129.
- Fabricius E, 1775. Systema Entomologiae, sistens insectorum classes, ordines, genera, species, adiectis synonymis, locis, descriptionibus, observationibus. Kortii: Flensburgi et Lipsiae. XXXII, 832.
- Feng X, Ma J, 2007. *Phoracantha semipunctata* (Fabricius, 1775). *Plant Quarantine*, 21(1): 27–29. [冯贤, 马骏, 2007. 桉嗜木天牛. 植物检疫, 21(1): 27–29.]
- Fan J, Yang YQ, Huang BS, 2016. The research of Guangdong *Eucalyptus* regional distribution based on remote sensing. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 43(1): 126–133. [樊晶, 杨燕琼, 黄本胜, 2016. 基于遥感的恶广东省桉树区域分布. 福建林业科技, 43(1): 126–133.]
- FAO, 1981. *Eucalyptus* for Planting. FAO Forestry Series No. 11. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fu WH, 2023. The comprehensive prevention technology of forestry wood boring pests. *Modern Rural Science and Technology*, 2023(9): 37–38. [付伟宏, 2023. 林木蛀干害虫天牛综合防控技术. 现代农村科技, 2023(9): 37–38.]
- Gao SL, Xu ZC, Gong XC, 2007. Progress in research on *Semanotus bifasciatus*. *Forest Pest and Disease*, 26(3): 19–22, 38. [高苏岚, 许志春, 弓献词, 2007. 双条杉天牛研究进展. 中国森林病虫, 26(3): 19–22, 38.]
- Hanks LM, Millar JG, Paine TD, 1995. Biological constraints on host-range expansion by the wood-boring beetle *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 88(2): 183–188.
- Hanks LM, Paine TD, Millar JG, Campbell CD, Schuch UK, 1999. Water relations of host trees and resistance to the phloem-boring

- beetle *Phoracantha semipunctata* F. (Coleoptera: Cerambycidae). *Oecologia*, 119: 400–407.
- Huang Y, 2023. The condition and control measures of *Eucalyptus* diseases and pests in Guangxi. *South China Agriculture*, 17(12): 76–78. [黄云, 2023. 广西桉树病虫害的发生现状与防治措施. 南方农业, 17(12): 76–78.]
- Ivory MH, 1977. Preliminary investigations of the pests of exotic forest trees in Zambia. *The Commonwealth Forestry Review*, 56(1): 47–56.
- Liao JR, Lin XJ, 2015. The first intercept of *Phoracantha semipunctata* (Fabricius) at Jiaxing port, Zhejiang. *China Inspection and Quarantine*, 2015(4): 10. [廖基任, 林晓佳, 2015. 浙江嘉兴口岸首次截获桉天牛. 中国检验检疫, 2015(4): 10.]
- Moore JA, 2003. Biological control of the eucalypt borers, *Phoracantha semipunctata* (Fabricius) and *P. recurva* Newman (Coleoptera: Cerambycidae) in South Africa. Master dissertation. Stellenbosch: Stellenbosch University.
- National Forestry and Grassland Administration, 2019. Report of Chinese Forestry Resources (2014–2018). Beijing: China Forestry Publishing House. 366. [国家林业和草原局, 2019. 中国森林资源报告 (2014–2018). 北京: 中国林业出版社. 366.]
- Paine T, Millar J, Hanks L, 1995. Integrated program protects trees from *Eucalyptus* longhorned borer. *California Agriculture*, 49(1): 34–37.
- Qi SX, 2002. *Eucalyptus* in China. 2nd edition. Beijing: China Forestry Publishing House. 56–57. [祁述雄, 2002. 中国桉树. 第2版. 北京: 中国林业出版社. 56–57.]
- Qin Y, 2023. Study on prevention and control measures of *Eucalyptus* woodborers. *Guangdong Canye*, 57(4): 29–31. [覃艳, 2023. 桉树蛀干害虫防控对策探究. 广东蚕业, 57(4): 29–31.]
- Scriven GT, Reeves EL, Luck RF, 1986. Beetle from Australia threatens *Eucalyptus*. *California Agriculture*, 40(7): 4–6.
- Seaton S, Matusick G, Ruthrof KX, Hardy GESJ, 2015. Outbreak of *Phoracantha semipunctata* in response to severe drought in a Mediterranean *Eucalyptus* forest. *Forests*, 6(11): 3868–3881.
- Wang Q, 1995. A taxonomic revision of the Australian genus *Phoracantha* Newman (Coleoptera: Cerambycidae). *Invertebrate Taxonomy*, 9(5): 865–958.
- Wei CJ, Zhang HF, Chen DL, Zhang SL, Kang WT, Lin HZ, 2017. The condition and control measures of *Leptocybe invasa* Fisher et La Salle in Fujian. *Forest Pest and Disease*, 36(4): 44–46. [魏初奖, 张华峰, 陈德兰, 张思禄, 康文通, 林和再, 2017. 福建省桉树枝瘿姬小蜂发生现状与防控对策. 中国森林病虫, 36(4): 44–46.]
- Wu LX, 2008. The occurrence and damages of *Leptocybe invasa* Fisher et La Salle in Guangxi. *Guangxi Forestry*, 2008(5): 53. [伍荔霞, 2008. 桉树枝瘿姬小蜂现身并有害广西. 广西林业, 2008(5): 53.]
- Xie YJ, 2018. The Reality of *Eucalyptus*. Beijing: China Forestry Publishing House. 112. [谢耀坚, 2018. 真实的桉树. 北京: 中国林业出版社. 112.]
- Xie YJ, Arnold RJ, Wu ZH, Chen SF, Du A, Luo JZ, 2017. Advances in eucalypt research in China. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 4(4): 380–390.
- Yang XH, Chen SW, Yu YH, Luo JT, Mo JX, Ning CL, He J, Ling YY, 2012. Damage occurred monitoring and risk analysis of *Endoclyta signifera* Walker in Guangxi. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 18(2): 84–86, 114. [杨秀好, 陈尚文, 于永辉, 罗基同, 莫家兴, 宁昌龙, 何洁, 凌好宇, 2012. 桉蝙蛾在广西的发生危害监测与风险分析. 安徽农学通报, 18(2): 84–86, 114.]
- Yang ZQ, Cao LM, Wang XY, Liu HH, Wu YJ, Jiang XJ, Luo J, 2023. An important invasive pest of *Eucalyptus* trees, *Ophelimus maskelli* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae). *Scientia Silvae Sinicae*, 59(8): 85–89. [杨忠岐, 曹亮明, 王小艺, 刘慧慧, 吴耀军, 蒋学建, 罗缉, 2023. 一种重要的桉树外来入侵害虫—桉树叶瘿球角姬小蜂(膜翅目: 姬小蜂科). 林业科学, 59(8): 85–89.]
- Yao Z, He PL, Su B, Huang HY, 2007. Biological characteristics and control tactics of eucalypt *Buzura suppressaria*. *Eucalypt Science & Technology*, 24(2): 41–43. [姚珍, 何普林, 苏斌, 黄海燕, 2007. 桉树油桐尺蠖生物学特性及防治策略. 桉树科技, 24(2): 41–43.]
- Zhang MN, Chen XQ, Ruan YY, Jiang SH, Yang JX, Jiang MB, Ruan XN, Li Y, 2020. First report of the invasive Australian tortoise beetle *Trachymela sloanei* (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae) in Asia. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 23(2): 442–444.
- Zhang YX, Wang XJ, 2021. Geographical spatial distribution and productivity dynamic change of *Eucalyptus* plantations in China. *Scientific Reports*, 11(1): 19764.
- Zhang ZD, 2008. A review on development situation and sustainable management of *Eucalypt* plantation. *Scientia Silvae Sinicae*, 44(7): 97–102. [张樟德, 2008. 桉树人工林的发展与可持续经营. 林业科学, 44(7): 97–102.]
- Zhao HX, Xian XQ, Liang T, Wan FH, Shi J, Liu WX, 2023. Constructing an ensemble model and niche comparison for the management planning of *Eucalyptus longhorned* borer *Phoracantha semipunctata* under climate change. *Insects*, 14(1): 84.
- Zi Q, Zhang L, Zhang J, 2023. The situation and exploration of prevention and control measures of *Eucalyptus* diseases and pests in Guangxi. *South China Agriculture*, 17(6): 71–73, 77. [字强, 张龙, 张剑, 2023. 广西桉树病虫害发生现状及防治方法探析. 南方农业, 17(6): 71–73, 77.]
- Zou BS, Huang LX, Zhang SY, Yu DH, Xu WB, 2019. The sustainable development measures of *Eucalyptus* forest in Guangdong. *Journal of Green Science and Technology*, 2019(21): 187–189. [邹碧山, 黄立新, 张宋英, 余栋华, 许伟兵, 2019. 广东省桉树人工林可持续发展对策. 绿色科技, 2019(21): 187–189.]