

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2023.01.013

青岛发现危害黑松新害虫—— 松曲毛小蠹 *Cyrtogenius luteus* (Blandford)

王子豪¹, 王婷婷², 曹 鹏², 闫飞宏², 万方浩¹, 王俊平^{1*}

¹青岛农业大学植物医学学院, 山东 青岛 266109; ²青岛崂山区自然资源局, 山东 青岛 266061

摘要:【目的】山东省青岛市崂山区的黑松上发现小蠹危害情况,本研究对采集到的小蠹进行鉴定,以明确小蠹种类,为更好地调查生物多样性以及开展林间蛀干害虫监测和防控工作提供依据。【方法】对采自黑松树体上的小蠹进行形态学观察、拍照,并且提取其基因组 DNA,利用小蠹亚科通用引物扩增线粒体细胞色素氧化酶亚基 I (CO I) 序列进行测序,在 NCBI 数据库中进行序列比对。【结果】基于形态学和分子生物学 2 方面的鉴定,采集到的小蠹为松曲毛小蠹。其成虫体黄色,前胸背板前端有类似横向刻痕,鞘翅面有凹凸不平的沟,整个虫体侧缘有稀疏的绒毛,雌虫头部绒毛多于雄虫。基于 CO I 基因序列构建系统发育树(ML 树) 显示,山东青岛小蠹样本与意大利样本序列聚成一支,置信度为 100%。【结论】黑松上发现的松曲毛小蠹为山东新记录种。此研究结果为小蠹快速 DNA 鉴定以及溯源分析提供基础数据,有关部门应加强黑松蛀干害虫的监测和防控。



开放科学标识码
(OSID 码)

关键词: 松曲毛小蠹; 分子鉴定; 形态特征

Cyrtogenius luteus (Blandford) (Coleoptera: Scolytinae), a new pest of the *Pinus thunbergii* found in Qingdao

WANG Zihao¹, WANG Tingting², CAO Peng², YAN Feihong², WAN Fanghao¹, WANG Junping^{1*}

¹College of Plant Health & Medicine, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China;

²Bureau of Natural Resources of Laoshan, Qingdao, Shandong 266061, China

Abstract: 【Aim】 Scolytinae was found on *Pinus thunbergii* in Laoshan, Qingdao City, Shandong Province. In this study, the collected Scolytinae were identified to identify the species and to better investigate the biodiversity and carry out forest trunk borers and control to provide a basis. 【Method】 The morphological characteristics of the larvae, pupae, and adults Scolytinae collected from the *P. thunbergii* in Qingdao were observed, photographed, and compared. The genomic DNA was extracted, and the sequences of the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I (CO I) were amplified and sequenced using general primers of the subfamily. The sequences were compared with the existing sequences in the NCBI database. 【Result】 Based on both morphological and molecular biological identification, this collection was clearly identified as a *Cyrtogenius luteus* and was determined to have colonised Qingdao. Adults were yellow of *C. luteus* and pronotum with similar transverse notches. Elytron with uneven grooves and with sparse pili around body. Females have more hair than males of head. The phylogenetic tree (ML tree) based on the CO I gene sequences showed that the sequences from Qingdao samples and Italy samples were clustered into one branch with 100% confidence. 【Conclusion】 The results of this study provide basic data for the rapid DNA identification of the Scolytinae, as well as a theoretical basis for the monitoring and control of the trunk borers on *P. thunbergii*.

Key words: *Cyrtogenius luteus*; molecular identification; morphological characters

小蠹类昆虫属于鞘翅目 Coleoptera 象虫科 Curculionidae 小蠹亚科 Scolytinae (王志良和张润志, 2012), 目前已知有 6000 种, 是重要的林业蛀干害虫, 其对森林和木材等所造成的损失占全部林业害

收稿日期 (Received): 2022-05-28 接受日期 (Accepted): 2022-07-10

基金项目: 崂山区林业有害生物预测预报及植物检疫 (2419074)

作者简介: 王子豪, 男, 硕士研究生。研究方向: 农业昆虫与害虫防治。E-mail: ZihaowangZ19980501@163.com

* 通信作者 (Author for correspondence), 王俊平, E-mail: junpingwang@qau.edu.cn

虫损失的一半(王志良和张润志,2012;殷蕙芬等,1984;袁克和杜国兴,2007)。该类害虫在韧皮部和枝条上取食,没有虫粪排出,较难被发现,易通过木材运输进行远距离传播。我国植物检疫人员多次从江苏、厦门等地口岸的进境木材或木质包装上截获不同种类的小蠹(林玲玲等,2015;王凯等,2020;庄鸣娟,2014)。

曲毛小蠹属 *Cyrtogenius* 在全球范围内约 90 种,其中 16 种分布在亚洲(Faccoli *et al.*, 2012)。*Cyrtogenius africanus* Wood 在南非危害大戟 *Euphorbia ingens* E.并造成其死亡(Linde *et al.*, 2016),短曲毛小蠹 *Cyrtogenius brevior* Eggers 的寄主为赤松 *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.(Jung *et al.*, 2013)。2015 年田尚(2018)发现松曲毛小蠹 *Cyrtogenius luteus* Blandford 在重庆多地造成危害,该虫于 2017 年由江苏常熟检验检疫局从乌拉圭的火炬松 *Pinus taeda* L.原木中截获。松曲毛小蠹已知寄主包括落叶松 *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen、华山松 *Pinus armandii* Franch、马尾松 *Pinus massoniana* Lamb、高山松 *Pinus densata* Mast、湿地松 *Pinus elliottii* Engelm、思茅松 *Pinus kesiya* var. *langbianensis* (A. Chev.) Gaussen、海岸松 *Pinus pinaster* Ait、油松 *Pinus tabulaeformis* Carriere、火炬松、云南松 *Pinus yunnanensis* Franch、台灯树 *Cornus controversa* Hemsl 等(Beaver & Liu, 2010; Gómez *et al.*, 2012; Rainho *et al.*, 2019)。目前,松曲毛小蠹主要分布在意大利(Faccoli *et al.*, 2012)、乌拉圭(Gómez *et al.*, 2012)、巴西(Rainho *et al.*, 2019)、日本(Iidzuka *et al.*, 2016)、韩国(Wood & Bright, 1992)等地,中国地区主要分布在福建、广东、广西、河南、湖南、江苏、江西、陕西、四川、云南(Wood & Bright, 1992)。

利用 CO I 基因序列比对进行昆虫分子鉴定可以有效弥补形态鉴定的不足。如: Cognato *et al.* (2005)用 CO I 基因研究了 *Conophthorus* sp. 的系统发生和地理环境与寄主对该属昆虫的影响;常虹等(2012)区分了齿小蠹属 *Ips* sp. 的不同物种;王银竹等(2010)研究了长小蠹科 Platypodidae 昆虫的系统发育关系。

笔者在青岛崂山进行林业有害生物调查时,发现黑松 *Pinus thunbergii* Parl. 松针枯黄,同时树皮环剥,最终树体死亡,检查时发现小蠹类害虫。该小蠹对黑松树干有强烈的偏好,成虫和幼虫均取食韧

皮部并产生大量虫粪,与其他蛀干害虫共同危害黑松,加快了黑松的死亡,造成松林大面积枯黄。因此采用形态学结合分子生物学方法进行黑松上小蠹种类鉴定,以明确该小蠹种类,为了进一步开展林间蛀干害虫监测和防控工作提供依据。

1 材料与方法

1.1 虫源采集

2021 年 7 月至 12 月在山东省青岛市崂山(36.315929°N, 120.603775°E)的黑松树皮及枝梢中采集到小蠹,带回青岛农业大学昆虫生态实验室进行鉴定。

1.2 形态特征观察

使用超景深显微镜(基恩士 Kenyence VHX-7000)对小蠹的成虫形态特征进行观察和拍照。

1.3 分子生物学鉴定

随机取成虫 10 头,分别提取单头小蠹的基因组 DNA,用于分子鉴定。

采用 T5 Direct PCR Kit (Animal Tissue) 试剂盒提取小蠹 DNA。提取小蠹胸部和腹部 DNA,其余步骤按照说明书进行操作;DNA 样品作为 PCR 模板,置于-20℃保存。

参考 Jordal & Cognato (2012),利用小蠹亚科通用引物 S1718 和 A2411 扩增 CO I 基因片段,PCR 扩增体系为 2×T5 Direct PCR Kit (Animal Tissue) 13 μL, S1718 1 μL, A2411 1 μL, DNA 模板 2 μL 和 ddH₂O 8 μL 共 25 μL。PCR 反应程序为 94℃ 预变性 3 min; 94℃ 变性 45 s, 47.2℃ 退火 1 min, 72℃ 延伸 1 min, 共进行 35 次循环; 72℃ 延伸 10 min; 产物置于 4℃ 保存。PCR 扩增产物送北京擎科生物科技有限公司进行测序。

以 CO I 基因序列建树:选取本试验的 *C. luteus* 序列(NCBI 登录号 OM802820.1),下载 NCBI 数据库中相关序列(NCBI 登录号 JQ621834.1、JQ417240.1、JQ417241.1、JQ417242.1、JQ621833.1、HM064152.1、JX263811.1、AF438511.1、AF187118.1、MH115484.1、AY962633.1、MH020497.1),小蠹科昆虫相关建树序列信息见表 1。使用异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas (NCBI 登录号 MH020497.1) 作为外群,用最大似然法(maximum likelihood, ML)构建系统发育树(Cognato *et al.*, 2011; Jordal & Cognato, 2012; Normark *et al.*, 1999)。

表 1 小蠹科昆虫相关建树序列信息
Table 1 Sequence information in tree construction of Scolytinae

NCBI 登录号 NCBI accession No.	种 Species	采集地 Location
OM802820.1	松曲毛小蠹 <i>C. luteus</i>	中国山东青岛 Qingdao, Shandong, China
JQ621834.1	松曲毛小蠹 <i>C. luteus</i>	意大利威尼斯马格拉 Marghera, Venice, Italy
JQ417240.1	松曲毛小蠹 <i>C. luteus</i>	意大利威尼斯基奥贾 Chioggia, Venice, Italy
JQ417241.1	松曲毛小蠹 <i>C. luteus</i>	意大利威尼斯基奥贾 Chioggia, Venice, Italy
JQ417242.1	松曲毛小蠹 <i>C. luteus</i>	意大利圣比亚焦-迪卡尔塔 S. Biagio di Callalta, Italy
JQ621833.1	松曲毛小蠹 <i>C. luteus</i>	意大利威尼斯马尔泰拉戈 Martellago, Venice, Italy
HM064152.1	短曲毛小蠹 <i>C. brevior</i>	
JX263811.1	<i>C. africanus</i>	南非 South Africa
AF438511.1	<i>C. chirindaensis</i>	
AF187118.1	<i>C. chirindaensis</i>	
MH115484.1	肾点毛小蠹 <i>Dryocoetes autographus</i>	波兰 Poland
AY962633.1	额毛小蠹 <i>Dryocoetes luteus</i>	中国 China
MH020497.1	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	波兰 Poland

2 结果与分析

2.1 形态学鉴定

雄成虫:体长 2.1 mm,圆柱形,全身黄褐色有光泽。触角 4 节,锤状部扁平,触角顶端有短柔毛(图 1A),复眼类似肾形,有缺刻(图 1B);前胸背板前端模糊不清,有类似横向刻痕,顶端有稀疏的绒毛,后端有凹陷刻点,头部多数藏于前胸背板内,俯面观看不到头部;鞘翅面有凹凸不平的沟,沟内外均有深而大的刻点,纵向排列。鞘翅尾部约 1/4 处开始收尾,

尾端几乎垂直于地面;整个虫体侧缘有稀疏的绒毛,尾部和头部侧缘绒毛比虫体侧缘绒毛密(图 1C)。

雌成虫:其他形态特征与雄虫都相似,唯一的区别额前的绒毛比雄虫密(♂:图 1D;♀:图 1E)。

幼虫:虫体乳白色或红褐色,头部黄色,在林间蛀道内通常呈“L”型。

蛹:离蛹,长 2.0 mm,宽 0.8 mm,化蛹初期蛹呈乳白色,即将羽化时颜色变深,能看见复眼轮廓,翅从中、后足间向斜下方延伸,尾部有 2 个凸状刺。

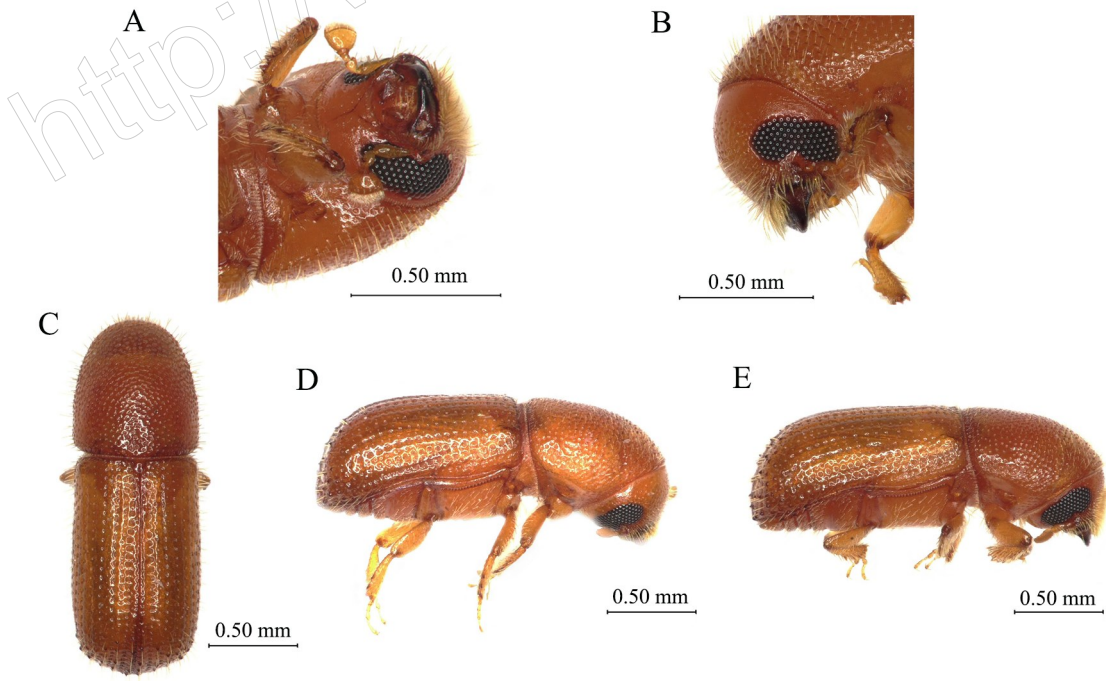


图 1 松曲毛小蠹

Fig.1 *C. luteus*

A: 触角 4 节;B: 复眼缺刻;C: 成虫背面观 D: 成虫侧面观(♂);E: 成虫侧面观(♀)。
A: Antennal funicle 4-segmented; B: Eyes broadly emarginated; C: Dorsal view of adult;
D: Dorsal view of adult (♂); E: Dorsal view of adult (♀)。

2.2 松曲毛小蠹成虫分子鉴定

采集于青岛市崂山区黑松树体的 13 头小蠹成虫样本,通过分子鉴定均属于同一物种;该小蠹 CO I 基因长度为 694 bp (OM802820.1),经 Blast 对比可知,该小蠹与意大利 *C. luteus* 样本序列 (JQ621834.1) 相似度达 100%。使用 MAGA 7 中的

最大似然法构建系统发育树(图 2),进化树显示, *C. luteus* (OM802820.1) 与 *C. luteus* 聚在同一支上并且系统发育树的置信度达 100%。但是与同属不同种短曲毛小蠹 *C. brevior* (HM064152.1)、*C. africanus* (JX263811.1) 和 *C. chirindaensis* Wood (AF438511.1、AF187118.1) 分在不同分支上。

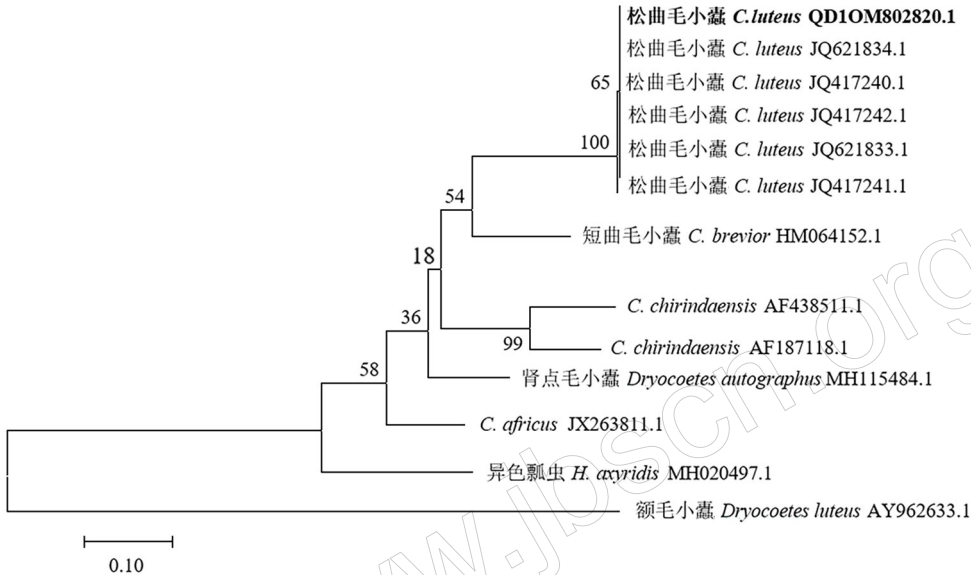


图 2 基于 ML 构建的松曲毛小蠹成虫 CO I 基因系统发育树
Fig.2 CO I gene phylogenetic tree of adult of *C. luteus* (ML)

2.3 松曲毛小蠹幼虫和蛹分子鉴定

小蠹的幼虫和蛹鉴定较困难,为便于鉴定,本试验对采集的小蠹幼虫和蛹尝试采用分子生物学鉴定。随机选取 4 头幼虫和 2 头蛹进行 CO I 基因

分析,构建系统发育树(图 3),可知幼虫和蛹与本试验鉴定的成虫和意大利松曲毛小蠹在同一支上,而梢小蠹属分子另一分支,则说明采集到的小蠹幼虫和蛹为松曲毛小蠹。

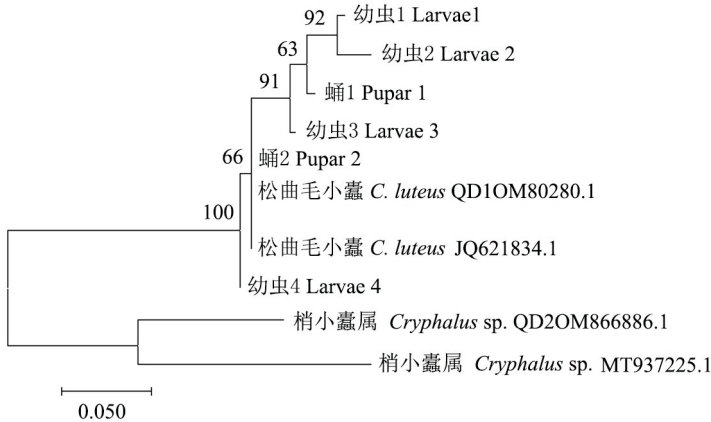


图 3 基于 ML 构建的松曲毛小蠹幼虫和蛹 CO I 基因系统发育树 (ML)
Fig.3 CO I gene phylogenetic tree of larvae and pupae of *C. luteus* (ML)

2.4 松曲毛小蠹危害特点

成虫在韧皮部取食形成不规则的蛀道,排出黄褐色虫粪,成虫在蛀道内交配,卵单独产在蛀道两侧的韧皮部中,待卵孵化,幼虫在韧皮部取食,从交

配道往外扩张形成不规则的蛀道(图 4)。幼虫化蛹在韧皮部或树皮中,最后成虫羽化出孔寻找新的寄主。成虫爬行能力强。松曲毛小蠹产生的虫粪多产在边材,当取下环剥的树皮,可在树皮上观察

到蛀道,韧皮部上看到黄褐色虫粪(图 5)。在 7—12 月,成虫、幼虫和蛹均同时存在,但在 11 月份,天



图 4 林间小蠹幼虫及其坑道

Fig.4 Larvae of *C. luteus* and gallery in forest

3 讨论与结论

2010 年,Beaver & Liu (2010)报道了松曲毛小蠹在中国有分布,但对其研究还不够深入。Gómez *et al.* (2012)研究发现,毛小蠹属触角棒第一节的前缘下弯,而曲毛小蠹属为前弯,且毛小蠹属鞘翅下的腹侧缘不明显隆起呈结节状。本研究通过形态学和分子鉴定的方法,对黑松上采集到的小蠹进行鉴定,将额毛小蠹和松曲毛小蠹进行 CO I 基因序列对比,发现额毛小蠹和松曲毛小蠹不在同一分支。因此,结合前人的研究分析、形态学特征和分子生物学鉴定,确定该小蠹为松曲毛小蠹,为山东新记录种,寄主为黑松。本研究发现,松曲毛小蠹可与松褐天牛 *Monochamus alternatus* Hope、褐梗天牛 *Arhopalus rusticus* Linnaeus、角胫象 *Shirahoshizo* sp.等蛀干害虫同时危害树体,松曲毛小蠹与同属的短曲毛小蠹生物学特性十分相似,且该小蠹多在衰弱木或已死亡树体为害 (Gómez *et al.*, 2012),其暴发与树体状况密切相关 (Rainho *et al.*, 2019),当松曲毛小蠹种群数量到达一定数量时加速了松树的死亡。但是否能单独危害健康树以及该物对松林造成的经济损失还有待研究。

1991 年,朱传祥等 (1991)研究发现,山东境内的小蠹种类有 26 种,任利利等 (2021)在烟台地区黑松上发现了长林小蠹 *Hylurgus ligniperda* Fabricius。山东省作为全国进口木材的重要省份,从口

气变冷,各虫态的活性明显下降或在树干内死亡。



图 5 林间松曲毛小蠹成虫及幼虫危害状

Fig.5 Infestation in *P. thunbergii* with adult and larvae of *C. luteus*

岸截获多种小蠹,如长林小蠹、南部松齿小蠹 *Ips grandicollis* Eichhoff 和欧洲根小蠹 *Hylastes ater* Paykull 等 (王凯等, 2017)。本研究在黑松上发现松曲毛小蠹危害,还发现了与其共同危害黑松的梢小蠹 *Cryphalus*。但是针对梢小蠹仅鉴定到梢小蠹属的分类水平,由于该属鉴定主要是通过咀嚼胃和雄性生殖器来区分 (蔡邦华和李兆麟, 1963),通过外部特征鉴定很困难,此梢小蠹具体分类地位还有待研究。

小蠹亚科蛀干害虫危害隐蔽,防治难度较高,青岛又是重要的原木进境口岸,相关部门应重视该类害虫的检疫防治工作。

参考文献

- 蔡邦华, 李兆麟, 1963. 中国梢小蠹属 (*Cryphalus* Er.) 的研究及新种记述. 昆虫学报, 12(5): 597–630.
- 常虹, 郝德君, 肖荣堂, 刘勇, 钱路, 安榆林, 杨晓军, 2012. 基于线粒体 CO I 基因的齿小蠹属昆虫 DNA 条形码研究. 昆虫学报, 55(9): 1075–1081.
- 林玲玲, 黄蓬英, 林振基, 方志鹏, 卢添财, 2015. 厦门口岸进境原木截获的小蠹科害虫调查. 生物安全学报, 24(3): 215–218.
- 任利利, 陶静, 武海卫, 宗世祥, 王传珍, 华德, 石娟, 刘漪舟, 骆有庆, 2021. 重大害虫长林小蠹入侵我国的首次发现与侵染特征. 林业科学, 57(5): 140–150.
- 田尚, 2018. 重庆地区小蠹多样性再调查与分子鉴定. 硕士

学位论文. 江西: 江西农业大学.

王凯, 王洛高, 周丽丽, 杨洪娟, 李林杰, 刘培海, 2020. 进境截获长小蠹疫情分析与建议. 生物灾害科学, 43(4): 367-372.

王凯, 许崇龙, 李林杰, 王简, 赵骁, 周丽丽, 胡萌, 2017. 2011—2016年山东口岸进境木材疫情分析及建议. 植物检疫, 31(3): 76-79.

王银竹, 余道坚, 张润杰, 徐浪, 陈志舜, 焦懿, 2010. 基于mtDNA CO I基因的十种长小蠹分子系统进化研究(鞘翅目: 长小蠹科). 昆虫学报, 53(4): 457-463.

王志良, 张润志, 2012. 小蠹亚科的分类地位(鞘翅目, 象虫科). 动物分类学报, 37(2): 291-295.

殷蕙芬, 黄复生, 李兆麟, 1984. 中国经济昆虫志(第二十九册). 鞘翅目小蠹科. 北京: 科学出版社.

袁克, 杜国兴, 2007. 进口木材小蠹虫鉴定图谱. 上海: 上海科学技术出版社.

朱传祥, 刘世儒, 卢希平, 1991. 山东的小蠹虫种类及防治意见. 山东林业科技(2): 53-56.

庄鸣娟, 2014. 2007—2013年江苏进境木材截获疫情分析及防控. 硕士学位论文. 苏州: 苏州大学.

BEAVER R A, LIU L Y, 2010. An annotated synopsis of Taiwanese bark and ambrosia beetles, with new synonymy, new combinations and new records (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zootaxa*, 2602: 1-47.

COGNATO A I, GILLETTE N E, BOLAÑOS R C, SPERLING F A H, 2005. Mitochondrial phylogeny of pine cone beetles (Scolytinae, Conophthorus) and their affiliation with geographic area and host. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 36(3): 494-508.

COGNATO A I, HULCR J, DOLE S A, JORDAL B H, 2011. Phylogeny of haplo-diploid, fungus-growing ambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini) inferred from molecular and morphological data. *Zoologica Scripta*, 40(2): 174-186.

FACCOLI M, SIMONATO M, TOFFOLO E, 2012. First record

of *Cyrtogenius strohmeier* in Europe, with a key to the European genera of the tribe Dryocoetini (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Zootaxa*, 3423: 27-35.

GÓMEZ D, MARTÍNEZ G, BEAVER R A, 2012. First record of *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the Americas and its distribution in Uruguay. *Coleopterists Bulletin*, 66(4): 362-364.

HIDZUKA H, GOTO H, YAMASAKI M, OSAWA N, 2016. Wood-boring beetles (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae) captured in ethanol-baited traps in a natural forest in Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 51(3): 347-352.

JORDAL B H, COGNATO A I, 2012. Molecular phylogeny of bark and ambrosia beetles reveals multiple origins of fungus farming during periods of global warming. *BMC Evolutionary Biology*, 12(1): 133.

JUNG Y H, YOU E J, CHOO H Y, 2013. *Parasitylenchus cyrtogenii* n sp. (Tylenchida: Allantonematidae) from *Cyrtogenius brevior* (Coleoptera: Scolytidae) from red pine. Austin, America: Entomological Society of America Annual Meeting.

LINDE J, SIX D, BEER W, MICHAEL W, JOLANDA R, 2016. Novel ophiostomatalean fungi from galleries of *Cyrtogenius africanus* (Scolytinae) infesting dying *Euphorbia ingens*. *Antonie van Leeuwenhoek*, 109(4): 589-601.

NORMARK B B, JORDAL B H, FARRELL B D, 1999. Origin of a haplodiploid beetle lineage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 266: 2253-2259.

RAINHO H L, SILVA W D, FILHO W M, FERREIRA E N L, 2019. Record of the bark beetle *Cyrtogenius luteus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Brazil. *Coleopterists Bulletin*, 73(1): 239-242.

WOOD S L, BRIGHT D E, 1992. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), part 2: taxonomic index volume B. *Great Basin Naturalist Memoirs*, 13(13): 835-1553.

(责任编辑: 郭莹)