

基于形态学和 DNA 条形码技术石榴如今细须螨 *Tenuipalpus hornotinus* 的快速准确鉴定

马艳林^{1,2}, 刘东³, 郭丽君¹, 李焱³,

努尔斯曼古力·阿不都卡地尔¹, 图尔荪古丽·托合提¹, 陈光辉^{1,2,3*}

(1. 喀什大学生命与地理科学学院, 新疆喀什 844000; 2. 新疆帕米尔高原生物资源与生态重点实验室, 新疆喀什 844000; 3. 喀什海关技术中心, 新疆喀什 844000)

摘要: 喀什是石榴的重要产区, 经调查发现如今细须螨 *Tenuipalpus hornotinus* 是危害该地区石榴的优势害螨, 查阅文献得知, 目前针对该螨仅依赖形态学进行鉴定, 关于其 DNA 条形码还未见报道。但该螨体积微小, 相似种较多, 形态学鉴定较为困难, 因此本研究利用形态学结合 DNA 条形码技术实现该螨的快速准确鉴定。本研究通过实地观察、采集样本、制作标本和显微镜观察的方式, 结合形态学资料对该螨进行形态特征比对、鉴定; 同时, 利用 DNA 条形码技术扩增 COI、ITS2、28S-rRNA 等基因并测序, 对获得的序列进行分析, 并通过 MEGA7.0 软件构建系统进化树。经形态学特征鉴定为如今细须螨, 利用 DNA 条形码技术获得了该害螨的条形码序列。通过形态学和 DNA 条形码技术实现了石榴如今细须螨快速准确鉴定, 为后续该害螨的防控提供物种基础。

关键词: 石榴; 如今细须螨; DNA 条形码; COI 基因; 28S-rRNA 基因

中图分类号: Q968.1;S433 文献标识码: A

Rapid and accurate identification of *Tenuipalpus hornotinus* based on morphology and DNA barcode technology

MA Yan-Lin^{1,2}, LIU Dong³, GUO Li-Jun¹, Nursmangul ABDUKADIR¹, Tursungul TUOHETI¹, CHEN Guang-Hui^{1,2,3*} (1. College of Life and Geographic Sciences, Kashi University, Kashi 844000, China; 2. Key Laboratory of Biological Resources and Ecology of Pamirs Plateau in Xinjiang Uygur Autonomous Region, Kashi 844000, China; 3. Kashi Customs Technology Center, Kashi 844000, China)

Abstract: Kashi is an important production area of *Punica granatum* L., investigation found that *Tenuipalpus hornotinus* is the dominant pest mite that harms *P. granatum* L. in the region. Upon literature review, it was found that identification only relies on morphology, and there has been no

基金项目: 新疆及周边口岸重要经济意义害螨种类调查、分子鉴定及系统进化分析 (2021D01F11); 2022 年度、2023 年度自治区高校基本科研业务费科研项目 (XJEDU2022Z006, XJEDU2023P107)

作者简介: 马艳林, 女, 硕士研究生, 研究方向为动物生态与分子进化, E-mail: 2281536029@qq.com

*通讯作者 Author for correspondence: 陈光辉, 男, 河南漯河人, 讲师, 主要从事遗传进化和检验检疫方面的研究, E-mail: 554937802@qq.com

收稿日期 Received: 2023-11-02; 接受日期 Accepted: 2024-05-16

report on the DNA barcode of the mite. Due to its small size and numerous similar species, morphological identification of this mite is difficult. Therefore, this study utilizes morphology combined with DNA barcode technology to achieve rapid and accurate identification of this mite. This study conducted on-site observations, collected samples, and made specimens; observing under the microscope combined with morphological data, and comparing and identifying morphological features; meanwhile, genes such as COI, ITS2 and 28S-rRNA were amplified and sequenced using DNA barcode technology, analyze the obtained sequences and construct a phylogenetic tree using MEGA7.0 software. Identified by morphological features as *T. hornotinus*. Barcode sequence of the pest mite was obtained using DNA barcode technology. Rapid and accurate identification of *T. hornotinus* was achieved through morphology and DNA barcode technology, providing a species basis for the subsequent prevention and control of this pest mite.

Key words: *Punica granatum* L; *Tenuipalpus hornotinus*; DNA barcode; COI gene; 28S-rRNA gene

石榴 *Punica granatum* L.在我国已经有 2000 多年的历史,最早产于印度西北部地区、阿富汗、伊朗(胡美姣等, 2003)。随着石榴种植园逐渐规模化,产业化,病虫害的发生越来越受到重视(阿布都克尤木·卡德尔等, 2010),国内各地发生的常见害虫有:桃蛀螟 *Dichocrocis punctiferalis* Guenée(又名豹纹蛾)、黄刺蛾 *Cnidocampa flavescens* Walker、桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura、棉蚜 *Aphis gossypii* Glover、石榴树茎窗蛾 *Herdonia osacesalis* Walker、石榴小爪螨 *Oligonychus punicae* Hirst、榴绒粉蚧 *Eriococcuslagerstroemiae* Kuwana、石榴麻皮蝽 *Erthesina fullo* Thunberg,以及新疆石榴产区常发生的优势害螨—如今细须螨 *Tenuipalpus hornotinus*(胡美姣等, 2003; 阿布都克尤木·卡德尔等, 2010)。这些害虫常引起石榴裂果、腐烂、叶片变色皱缩脱落、影响结果,甚至导致树苗死亡,从而严重影响石榴产量,影响农民收成。

如今细须螨隶属于蜱螨目 Acarina 细须螨科 Tenuipalpidae 细须螨属 *Tenuipalpus*(Chaudhri, 1971; 徐云, 2015),首次在巴基斯坦发现,阿布都克尤木·卡德尔首次在新疆发现并进行描述(阿布都克尤木·卡德尔等, 2010),如今细须螨已是新疆喀什、和田石榴种植区常发生的优势种害螨(阿布都克尤木·卡德尔等, 2015)。石榴如今细须螨 1 年发生 4 代,5 月上中旬产第 1 代卵,雌螨 6 月会进入自然死亡高峰期。直到 7 月上旬产第 2 代卵,7 月下旬产第 3 代卵,8 月中旬进入第 4 代卵孵化期。孵化期为 1 周,经幼螨期、第一静止期、前若螨期、第二静止期、后若螨期、第三静止期、成螨期。每个静止期结束都有 1 次蜕皮现象(图 1-A4)。在 9 月上中旬-10 月雌成螨转移到树皮和裂缝处,准备越冬。目前发现该螨仅危害石榴树,未发现其他寄主,若螨和成螨主要聚集在石榴叶片背部的叶脉和叶柄部,以刺吸方式危害叶片和嫩茎,导致叶片发黑或发黄,提早脱落,影响果实发育(阿布都克尤木·卡德尔等, 2017)。

如今细须螨微型,体长 290~330 μm ,体宽 190~200 μm (图 1),肉眼只可见到红色小

点。颚体，喙板呈峰突状，中央深裂，颚体短，至足股节 1/3 处。背面观梨形，有不规则的褶皱，具有 3 对背毛，1 对肩毛，3 对背中毛，6 对背侧毛，其中 1 对为长鞭状，其余为刚毛状。腹面光滑，末体腹面生殖板与腹板融合，两侧具少量纵纹。4 对足，前后各两足。

(Chaudhri, 1971; 阿布都克尤木·卡德尔等, 2010; 徐云, 2015)。

石榴如今细须螨可以用喷雾生物药剂碧拓乳油, 1.8%阿维菌素乳油, 10.5%阿维·哒螨灵乳油或 57%炔螨特乳油 4 种药剂进行防治(阿布都克尤木·卡德尔等, 2017)。也可以在不同时期用 5 波美度石硫合剂药物喷洒石榴树皮, 防止该螨转移到树皮裂缝处越冬, 在孵化期和产卵期用 7.5%美满星(甲氰·噻螨)乳油喷洒主杆和叶片也有防治效果(阿布都克尤木·卡德尔等, 2010), 但化学防治难点在于需注意合理轮换用药避免产生抗药性(阿布都克尤木·卡德尔等, 2017)。除化学防治外, 还可以利用 9 月上中旬-10 月时间段, 该时期细须螨会以雌成螨形式在树皮和裂缝越冬, 故可以通过内紧外松的方式给树干和枝干包裹草把, 欺骗害螨, 转移其越冬场所, 待 10 月底-11 月初, 再取下草把并烧毁(阿布都克尤木·卡德尔等, 2010)。

传统分类鉴定研究一般采用显微形态学方法, 虽然显微技术在不断发展, 形态学鉴定也具备成本低且对环境要求低等优点(苏小建和杨庆贵, 2013), 但考虑到不同螨种之间的形态相似性, 对于有细微差异的种类, 往往找不到好的形态鉴别特征, 以及形态特征可能在某一特定发育阶段出现的时间较短, 因此单靠显微分析具有局限性(Sparagano *et al.*, 2020)。同时由于如今细须螨个体极小, 肉眼几乎不可见, 对非分类学研究者, 标本制作有一定难度, 形态鉴定要求鉴定标本完整, 但玻片制作时, 螨体容易破损或在胶液中翻滚, 导致标本不完整或不易观察形态特征, 对鉴定者专业性具有很大的考验(崔玉楠等, 2013; 崔玉楠, 2014)。

传统的物种形态鉴定方法具有 4 个显著的局限性: 用于物种识别的性状的表型可塑性和遗传变异性都可能会导致不正确的识别; 容易忽略一些隐存种; 形态学的鉴定只对特定的生命阶段或性别有效, 许多个体依据现有的检索表无法识别; 对专业知识的要求很高, 否则易出现误判。而采用分子鉴定, 利用分子技术对物种进行鉴定和识别, 主要是依据物种间基因组的差异来区分种类, 是提供物种鉴定和生物多样性研究非常有效的工具。DNA barcoding 由加拿大动物学家 Paul Hebert 首次提出, 用于物种间的相互区别和新物种的发现, 已经应用于昆虫纲 31 个目的种类鉴定(宋南等, 2013)。相较于形态学鉴定有方便且专业性要求不强的优点。DNA 条形码技术和传统的形态学鉴定相结合, 可以相互弥补, 为物种精准、便捷的鉴定提供更好的依据。

石榴是新疆的特色果树之一。喀什与和田地区作为重点产区, 是当地农民重要的经济作物之一, 但是如今细须螨为首的害虫导致石榴的产量下降。当下对如今细须螨的精准识别和防治迫在眉睫。目前报道只在新疆有发现如今细须螨(阿布都克尤木·卡德尔等, 2010, 2015), 且尚未见有关对石榴如今细须螨 DNA 条形码研究的报道。为防止该害螨大范围传染, 快速鉴定、尽早发现、尽早防治显得尤为重要。调查揭示对如今细须螨用药最佳时期为 6 月中旬

和7月中旬，而6月中旬是第一代卵孵化盛期，7月中旬是产卵高峰，故借助DNA条形码可以在该螨处于孵化期和卵期就进行鉴定而尽早对症下药，减少孵化后大量幼螨发生而带来的经济损失（阿布都克尤木·卡德尔等，2010）。

1 材料与方法

1.1 主要仪器设备

体视显微镜（尼康 SMZ 25）、全自动体视显微镜（蔡司 Discovery 2.0）、梯度 PCR 仪（Biometra TProfessional standard Gradient Thermocycler）、离心机（MiniSpinplus）、振荡器（IKA MS3 digital）、恒温仪（HK100-2）、水平电泳槽（Bio-Rad）、电泳仪（JY1600C）、凝胶成像仪（BioRad Molecular Imager Gel Doc XR+ 凝胶成像系统）等。

1.2 石榴如今细须螨样本采集和保存

九月底于喀什市阿瓦提县伯什克然木乡（E76.083193°，N39.524095°）参考杨庆爽编著的《螨类标本的采集、保存和制作》，采集如今细须螨，拍摄生态照，将带有如今细须螨的枝条剪下，装在塑料袋中，带回实验室，一部分用于形态学观察，制作玻片，其余用毛笔刷下装在盛有无水乙醇的指形管中-20℃冷冻保存，供后续实验使用。

1.3 标本制作

参考匡海源所著《农螨学》制作永久玻片。取一滴霍氏固封剂于载玻片中央，用小毛笔蘸取一头完整的成螨置于霍氏液滴中。在显微镜下观察，用叶螨针调整姿势，舒展四足，45°倾斜盖上盖玻片，避免出现气泡，置于酒精灯上短暂多次加热。玻片制作完毕，置于50℃烘干机中烘干，标记标签并在盖玻片周围封指甲油，风干后存放在玻片盒中，用于观察，鉴定，拍照保存。

霍氏液（Hoyer's medium）配置：阿拉伯树胶：蒸馏水：水合氯醛：甘油=3：5：20：2

1.4 基因组 DNA 提取和目标片段扩增

1.4.1 基因组 DNA 的提取

取如今细须螨在灭菌水中清洗 2~3 遍，研磨 10 min，使用 TAKARA 试剂盒提取 DNA。

1.4.2 基因片段 PCR 扩增

检索螨类相关文献及自行设计，尝试多对引物，不断优化扩增体系和程序，最后得到 4 对引物可成功对提取的 DNA 进行目的片段扩增，条带清晰且无非特异性扩增产物。引物情况(表 1)，其中 COI 引物 LCO1490 / HCO2198，28S 引物 28S-F / 28S-R 来自文献参考(Simon, 1994; 李国庆, 2010; Kamitani, 2011; 陈光辉等, 2023)，28S 引物 Raiiella-28Sp1-F / Raiiella-28Sp1-R，Tenuipalpus-28Sp1-F / Tenuipalpus-28Sp1-R 是利用 Primer 5.0 软件设计的两对通用引物。所有引物皆由上海生物工程股份有限公司合成。所有 PCR 扩增为 25 μL 体系，Raiiella-28Sp1-F / Raiiella-28Sp1-R，Tenuipalpus-28Sp1-F / Tenuipalpus-28Sp1-R 各试剂

用量：PCR mix 12.5 μ L，模板 2 μ L，引物各 1 μ L，PCR 反应程序：95 $^{\circ}$ C 预变性 5 min，95 $^{\circ}$ C 变性 30 s，45 $^{\circ}$ C 退火 30 s，72 $^{\circ}$ C 延伸 1 min，循环 35 次，再 72 $^{\circ}$ C 延伸 6 min。LCO1490 / HCO2198 各试剂用量：PCR mix 13 μ L，模板 3 μ L，引物各 2 μ L，PCR 反应程序使用 touchdownPCR，95 $^{\circ}$ C 预变性 5 min，95 $^{\circ}$ C 变性 30 s，65 $^{\circ}$ C 退火 20 s，72 $^{\circ}$ C 延伸 30 s，第一次循环 15 次，每次循环退火温度降低 2 $^{\circ}$ C，再设置 55 $^{\circ}$ C 常规 PCR 循环 20 次，最后再 72 $^{\circ}$ C 延伸 6 min。28S-F / 28S-R 各试剂用量：PCR mix 12.5 μ L，模板 2 μ L，引物各 1 μ L，PCR 反应程序使用 touchdownPCR，95 $^{\circ}$ C 预变性 5 min，95 $^{\circ}$ C 变性 30 s，65 $^{\circ}$ C 退火 20 s，72 $^{\circ}$ C 延伸 30 s，第一次循环 5 次，每次循环退火温度降低 2 $^{\circ}$ C，再设置 55 $^{\circ}$ C 常规 PCR 循环 30 次，72 $^{\circ}$ C 延伸 6 min。

使用 1.2% 的琼脂糖凝胶，各吸取 PCR 产物 5 μ L 电泳查看结果，所得条带清晰、无非特异扩增产物，证明扩增产物质量较好，符合上机测序的要求。于安徽通用生物技术公司对 PCR 产物进行双脱氧测序。

表 1 引物及相关信息

Table 1 Primers and their information

基因	引物	序列	参考文献
Gene	Name	Sequence	References
COI	LC01490	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG	Simon, 1994; Kamitani, 2011; 陈光辉等, 2023
	HC02198	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA	
ITS2	CAS5p8sFc	TGAACATCGACATTTYGAACGCACAT	陈光辉等, 2020
	CAS28sB1d	TTCTTTTCCTCCSCTTAYTRATATGCTTAA	
28S-rRNA	28S-F	AACGAGATTCCCCTGTCCC	李国庆, 2010
	28S-R	GCCTTAGGACACCTGCGTTA	
	Raoiella-28Sp1-F	GTGTAGCTGGAAGGAGAATTC	
	Raoiella-28Sp1-R	CTTTCGCCCTATACCCGGATCTG	自行设计
	Tenuipalpus-28Sp1-F	CGAACCTAGACACGGAGATAGTCC	
	Tenuipalpus-28Sp1-R	CTTATGTCTCTTCACAAAGTCAGAC	

1.5 序列数据处理及分子系统树构建

利用 SeqMan 查看测序获得的基因序列，并拼接校对正反链。以 TXT 格式保存拼接完成的序列，在 NCBI 网站 BLAST 中进行序列同源性比较，并下载覆盖度和相似度最高的序列；借助分子进化遗传分析软件 MEGA 7.0 计算核苷酸使用频率；基于 Kimura-2-Parameter 模型下，用 NJ (Neighbor-Joining) 法构建分子系统树，1 000 次循环估计系统树中节点的自举置信水平 (Bootstrap confidence level, BCL) 的重复检验。在 GeneBank 中上传基因序列并获取登录号。

2 结果与分析

2.1 形态学鉴定

该螨寄生在石榴树枝干及叶片背面，可肉眼见到聚集的红点，吸取石榴叶片汁液而导致

叶片发黄脱落，其经历卵、幼螨、若螨和成虫 4 个阶段。使用体视显微镜对不同阶段如今细须螨进行观察并捕获照片。卵：体呈浅红色，椭圆形，表面光滑，附近有半透明的蜕（图 1-B）。幼螨：体呈浅红色，体长 133 μm ，3 对足（图 1-C）。若螨：前期和后期大小差异大，前期体长 153 μm （图 1-D1），后期体长 259 μm ，大小与雌成螨相近，身上还有未脱下的蜕（图 1-D2）。雌成螨：体呈红色，背面观梨形，体长 272 μm （图 1-E）。幼螨和若螨大多保持静止状态，成螨活动活跃。

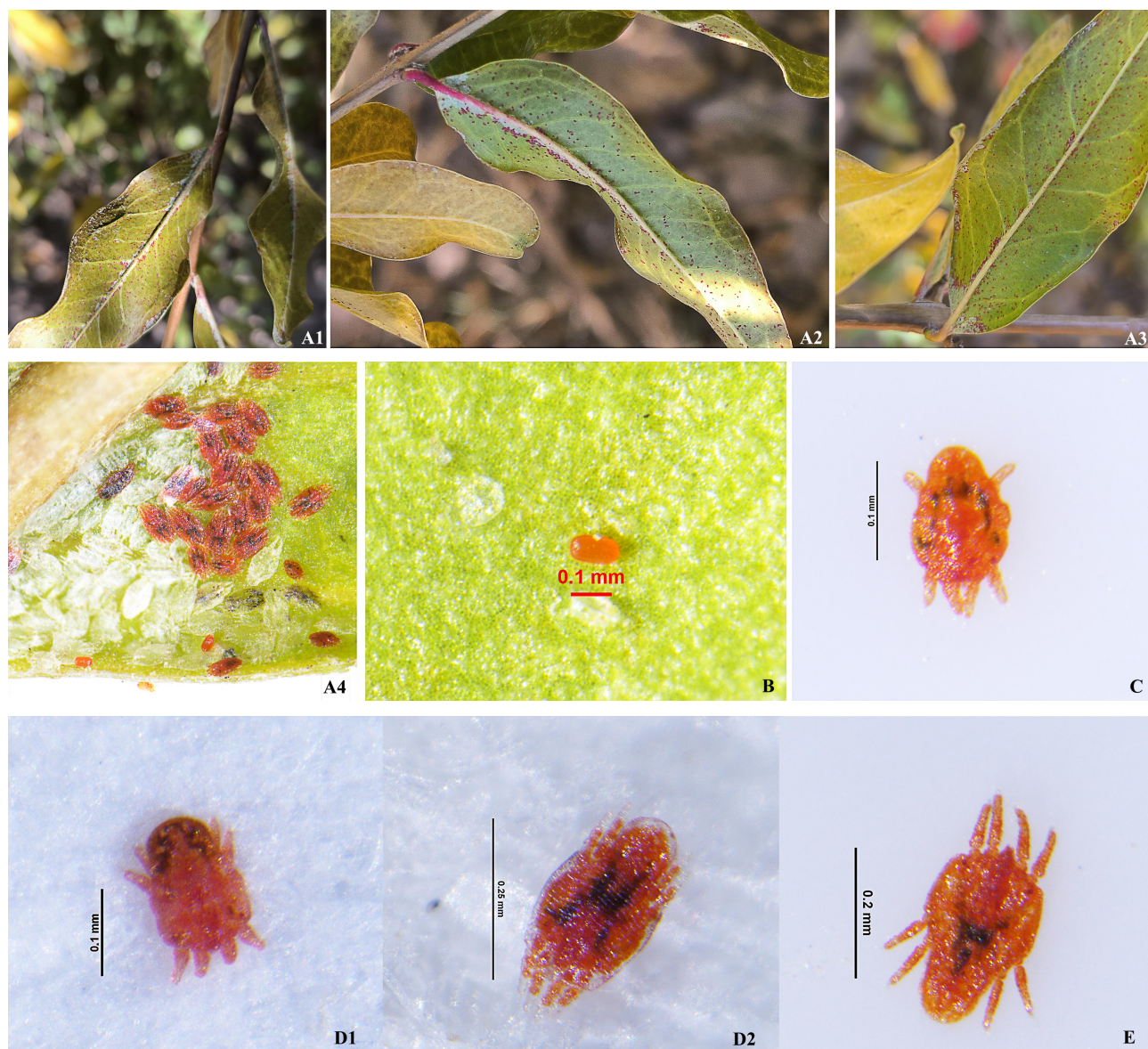


图 1 如今细须螨各阶段特征

Fig. 1 Characteristics of *Tenuipalpus hornotinus*

注：A1、A2、A3，采样地拍摄的照片；A4，体视显微镜下采集的图片；B，卵；C，幼螨；D1、D2，若螨；E，成螨。Note: A1, A2, A3, Photos taken on camera; A4, Collect using Nikon SMZ 25; B, Egg; C, Larva; D1, D2, Nymph; E, Adult.

通过体视显微镜下观察获得的信息远远不足以鉴定。同时该螨有许多相似种，必须要通过细节比对来鉴别，制作永久玻片在显微镜下观察并绘制该螨背面和腹面细节（图 2），参考（阿布都克尤木·卡德尔等，2015；徐云，2015）对该螨的描述及其他文献中相似螨的描

述，通过其雌成螨背面观梨形，背腹高度扁平，末体收缩，须肢3节，背中毛3对c₁、d₁、e₁，无亚背侧毛，背侧毛5~6对e₃、f₂、f₃、h₁、h₂，第五对背侧毛h₂长鞭状（图2-B），末体腹面生殖板与腹板融合（图2-C）等特征与其他相似属鉴别。再依据颚体短，无口下毛，前足体背面具不规则的褶皱，背毛sc₂为狭披针状，背侧毛6对e₃、f₂、f₃、h₁、h₂，其中第五对背侧毛h₂为长鞭状其余为刚毛状（图2-B），足上背毛和侧毛均为光滑的狭披针状，足上腹毛均为刚毛状，爪毛u均为羽状（图2-C），腹面光滑等特征与相似种鉴别。各阶元特征总结及详细比对已列出（见附表）。

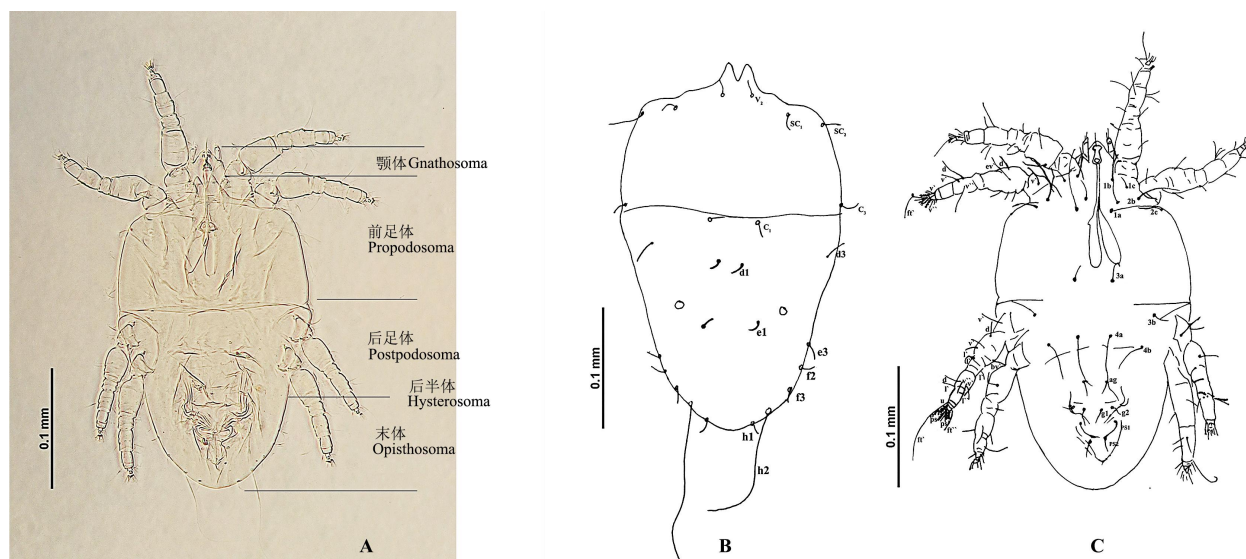


图2 如今细须螨雌成螨形态特征图

Fig. 2 Female adult of *Tenuipalpus hornotinus*

注：A，显微镜观察永久玻片拍摄的照片；B，手绘雌成螨背面图（v₂，外顶毛；sc，胛毛；c₁，第一对背中毛；c₃，肩毛；d₁，第二对背中毛；d₃，第一对背侧毛；e₁，第三对背中毛；e₃，第二对背侧毛；f₂，第三对背侧毛；f₃，第四对背侧毛；h₁，第六对背侧毛；h₂，第五对背侧毛）；C，手绘雌成螨腹面图（1a，1b，1c，2b，2c，3a，3b，4a，4b，基节间毛；ag，殖前毛；g，生殖毛；ps₁，第一对肛毛；ps₂，第二对肛毛；d，足上背毛；l，足上侧毛；v，足上腹毛；ft，足上顶毛；ps'，足上前端毛；u，足上爪毛）。Note: A, Under the microscope; B, Dorsum of female (v₂, Vertical; SC, Scapula setae; c₁, First dorsocentral seta; c₃, Humeral seta; d₁, Second dorsocentral seta; d₃, First dorsolateral seta; e₁, Third second dorsocentral seta; e₃, Second dorsolateral seta; f₂, Third dorsolateral seta; f₃, Forth dorsolateral seta; h₁, Sixth dorsolateral seta; h₂, Fifth dorsolateral seta); C, Venter of female (1a, 1b, 1c, 2b, 2c, 3a, 3b, 4a, 4b, Ingercoxal seta; ag, Aggenital seta; g, Genital seta; ps, Pseudanal seta; d, Dorasl seta; l, Lateral seta; v, Ventral seta of leg; ft, Fastigial seta; ps', Proral seta; u, Unguinal seta).

2.2 基因序列分析

2.2.1 基因序列碱基含量分析

使用 1.2%的琼脂糖凝胶，取 5 μL PCR 产物进行电泳，所得条带清晰、无非特异性扩增产物。

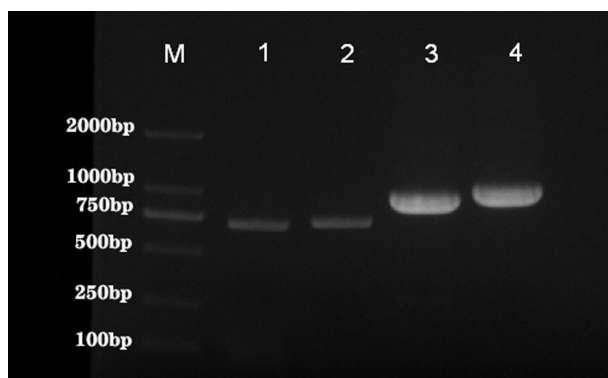


图 3 PCR 产物基因大小检测

Fig. 3 The result of PCR

注: M, DNA maker; 1, 扩增的 COI 基因片段 (引物为 LC01490/HC02198); 2、3、4, 扩增的 28S-rRNA 基因片段 (引物分别为 28S-F/28S-R、Raoiella-28Sp1-F/Raoiella-28Sp1-R、Tenuipalpus-28Sp1-F/Tenuipalpus-28Sp1-R); Note: M, DNA maker; 1, Result of COI sequence PCR (Primer: LC01490/HC02198); 2, 3, 4, Result of 28S-rRNA sequence PCR (Primer: 28S-F/28S-R、Raoiella-28Sp1-F/Raoiella-28Sp1-R、Tenuipalpus-28Sp1-F/Tenuipalpus-28Sp1-R)

将所得序列在 SeqMan 中校对拼接截去两端信号弱和重叠峰区域, 得到序列片段长度(表 2), 再将此长度序列在 MEGA 7.0 中计算核苷酸使用频率, COI、ITS2、28S-rRNA 序列所有位点中 AT 碱基含量和 GC 碱基的含量, 其中 COI 序列, AT 含量较高, AT 含量为 77%, CG 含量为 23.1%, 符合节肢动物线粒体基因组 GC 含量较低的特点 (武伟等, 2007)。

表 2 核苷酸频率统计

Table 2 Nucleotide usage frequency statistics

基因序列	引物名称	序列长度 (bp)	A/T 含量比	AT 含量 (%)	CG 含量 (%)
Gene sequence	Primer name	Sequence length	A/T content ratio	AT content	CG content
COI	LC01490 / HC02198	607	0.64	77.0	23.1
ITS2	CAS5p8sFc / CAS28sB1d	594	1.07	61.8	38.2
	28S-F / 28S-R	612	0.82	60.0	40.0
28S-rRNA	Raoiella-28Sp1-F / Raoiella-28Sp1-R	819	0.88	56.4	43.6
	Tenuipalpus-28Sp1-F / Tenuipalpus-28Sp1-R	882	0.91	53.6	46.4

2.2.2 同源序列遗传距离

将如今细须螨不同基因序列在 NCBI 中比对, 以 Max Score 降序排序, 下载相似度和覆盖度高的序列, 同时上传所测得的基因序列并获取登录号 (表 3), 通过 MEGA 7.0 计算各物种的遗传距离。所得序列相似度 82.05~95.11%, 遗传距离均大于 0.05 (表 4-表 8), 基于线粒体基因内的核苷酸序列差异衡量标准 (邓洁等, 2019), 均与如今细须螨不属于同一物种。

表 3 GeneBank 中与 *Tenuipalpus hornotinus* COI、28S-rRNA 基因序列相关的部分数据

Table 3 Partial sequence associated with the COI、28S-rRNA of *Tenuipalpus hornotinus* in GeneBank

引物名称	获得的登录号	基因序列	相似度	覆盖度	同源种名	相近种登录号
Primer name	Obtained GeneBank No.	Gene name	(%)	(%)	Species	Similar GeneBank No.
			Identity	Coverage		

LC01490 /HC02198	OR736736	COI	82.71	99	<i>Brevipalpus</i> sp.	MG458829.1
ITS2-F/ITS2-R	OR737889	ITS2	90.20	17	<i>Dolichotetranychus</i> sp.	KU553300.1
28S-F/28S-R	OR737886	28S-rRNA	85.87	83	<i>Tenuipalpus pacificus</i>	AB287405.1
Raoiella-28Sp1-F/Raoiella-28Sp1-R	OR737887	28S-rRNA	82.05	99	<i>Raoiella</i> sp.	JF928445.1
Tenuipalpus-28Sp1-F/Tenuipalpus-28Sp1-R	OR737888	28S-rRNA	94.63	93	<i>Tenuipalpus pacificus</i>	AB287405.1
		28S-rRNA	95.11	77	<i>Brevipalpus</i> sp.	KY922070.1

表 4 如今细须螨与 4 种螨 COI 基因序列间的遗传距离

Table 4 Genetic distance between *Tenuipalpus hornotinus* and other 4 mites

物种 Species	<i>Brevipalpus</i> sp.	<i>Raoiella</i> sp.	<i>Brevipalpus yothersi</i>	<i>Raoiella</i> sp.
<i>Brevipalpus</i> sp.				
<i>Raoiella</i> sp.	0.20			
<i>Brevipalpus yothersi</i>	0.09	0.20		
<i>Raoiella</i> sp.	0.24	0.17	0.23	
<i>T. hornotinus</i>	0.22	0.23	0.22	0.24

表 5 如今细须螨与 3 种螨 28S-rRNA 基因序列 1 间的遗传距离

Table 5 Genetic distance between *Tenuipalpus hornotinus* and other 3 mites

物种 Species	<i>Brevipalpus</i> sp.	<i>Tenuipalpus</i> sp.	<i>Tenuipalpus pacificus</i>
<i>Brevipalpus</i> sp.			
<i>Tenuipalpus</i> sp.	0.36		
<i>Tenuipalpus pacificus</i>	0.77	0.84	
<i>T. hornotinus</i>	0.28	0.35	1.01

表 6 如今细须螨与 5 种螨 28S-rRNA 基因序列 2 间的遗传距离

Table 6 Genetic distance between *Tenuipalpus hornotinus* and other 5 mites

物种 Species	<i>Tenuipalpus heveae</i>	<i>Tenuipalpus acificus</i>	<i>Brevipalpus othersi</i>	<i>Brevipalpus</i> sp.	<i>Raoiella</i> sp.
<i>Tenuipalpus heveae</i>					
<i>Tenuipalpus pacificus</i>	0.10				
<i>Brevipalpus yothersi</i>	0.20	0.16			
<i>Brevipalpus</i> sp.	0.20	0.16	0.01		
<i>Raoiella</i> sp.	0.14	0.09	0.10	0.11	
<i>T. hornotinus</i>	0.05	0.07	0.13	0.14	0.22

表 7 如今细须螨与 5 种螨 28S-rRNA 基因序列 3 间的遗传距离

Table 7 Genetic distance between *Tenuipalpus hornotinus* and other 5 mites

物种 Species	<i>Tenuipalpus pacificus</i>	<i>Tenuipalpus pacificus</i>	<i>Brevipalpus</i> sp.	<i>Tenuipalpus</i> sp.	<i>Tenuipalpus</i> sp.
<i>Tenuipalpus pacificus</i>					
<i>Tenuipalpus pacificus</i>	1.17				
<i>Brevipalpus</i> sp.	1.26	0.06			
<i>Tenuipalpus</i> sp.	1.25	0.07	0.05		
<i>Tenuipalpus</i> sp.	0.02	1.06	1.09	1.09	
<i>T. hornotinus</i>	1.28	0.07	0.04	0.06	1.12

表 8 如今细须螨与 2 种螨 ITS2 基因序列间的遗传距离

Table 8 Genetic distance between *Tenuipalpus hornotinus* and other 2 mites

物种 Species	<i>Dolichotetranychus</i> sp.	<i>Dolichotetranychus</i> sp.
<i>Dolichotetranychus</i> sp.		
<i>Dolichotetranychus</i> sp.	0.09	
<i>T. hornotinus</i>	1.35	1.17

2.2.3 系统进化关系分析

利用 MEGA 7.0, 基于 Kimura-2-Parameter 模型, 用 NJ (Neighbor Joining) 法构建分子系统树, 1 000 次循环估计系统树中节点的自举置信水平 (Bootstrap confidence level, BCL) 的重复检验。该螨 (*T. hornotinus*) 与 *Tenuipalpus* sp.、*Tenuipalpus heveae*、*Brevipalpus* sp. 分别聚类在一个分支, 但根据遗传距离, 形态鉴定和寄主范围可以判断与该螨不属于同种。此外还对 ITS1、ITS2、Cyt-B 基因序列进行了扩增, 但依据同一模板扩增的 ITS1 和 Cyt-B 序列, 由于数据库中的相关数据过少, 在 NCBI 中匹配不到合适的同源序列, 无法构建分子系统树。

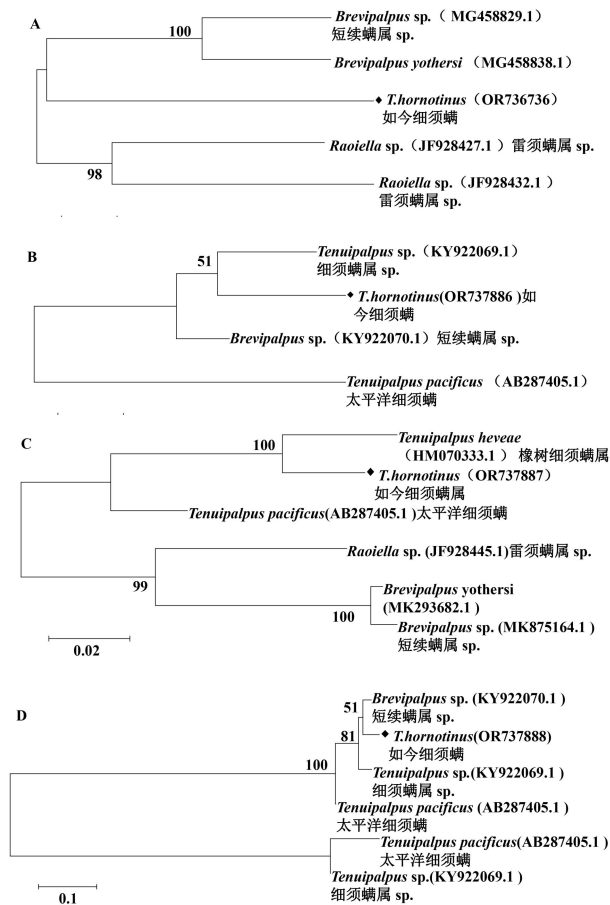


图 4 与如今细须螨 COI、28S-rRNA 基因序列相关的部分种类 NJ 分子系统树

Fig. 4 COI, 28S-rRNA gene NJ phylogenetic tree of partial species related to *Tenuipalpus hornotinus*

注: A, COI引物 LCO1490 / HCO2198 扩增序列在 NCBI 中比对的相关序列; B, 28S 引物 28S-F / 28S-R 扩增序列在 NCBI 中比对的相关序列; C, 28S 引物 Raoiella-28Sp1-F / Raoiella-28Sp1-R 扩增序列在 NCBI 中比对的相关序列; D, 28S 引物 Tenuipalpus-28Sp1-F / Tenuipalpus-28Sp1-R 扩增序列在 NCBI 中比对的相关序列; 本实验样本用♦标出。Note: A, Relevant sequences aligned by the COI primer LCO1490 / HCO2198 amplification sequences in NCBI; B, Relevant sequences aligned by the 28S primer 28S-F / 28S-R amplification

sequences in NCBI; C, Relevant sequences aligned by the 28S primer Raoiella 28Sp1-F / Raoiella 28Sp1-R amplification sequences in NCBI; D, Relevant sequences aligned by the 28S primer Tenuipalpus-28Sp1-F / Tenuipalpus-28Sp1-R amplification sequences in NCBI; Our sample was marked in solid block ◆.

3 结论与讨论

Chaudhri (1971) 首次在巴基斯坦发现如今细须螨, 阿布都克尤木·卡德尔等 (2015) 于新疆发现并鉴定为中国新记录种, 本研究通过查询植物害螨鉴定相关资料、形态学特征比对和寄主范围分析并结合分子生物学手段加以补充和验证, 将该害螨鉴定为石榴如今细须螨, 同时得到 COI 基因序列可以作为快速鉴定如今细须螨的 DNA 条形码。

通过传统分类鉴定, 借助体视显微镜初步观察该螨的形态, 测量其不同发育阶段体长, 参考《农螨学》制作永久玻片, 使用生物显微镜观察该螨细节并对照阿布都克尤木·卡德尔等 (2015) 和徐云 (2015) 描述及绘图和其他相似螨的细节特征进行鉴定。通过形状, 须肢节数, 有无亚背侧毛等特征将其鉴定到细须螨属, 根据有无口下毛, 体壁纹路, 背面、腹面、足上毛数及形状等特征确定本研究对象是如今细须螨。再结合分子生物学手段加以补充和验证: 本文写入的 4 对引物, 其中 2 对自行设计的通用引物用于扩增 28S-rRNA 基因序列, 经电泳对扩增产物的检验可知, 特异性很强, 可有效的扩增出目标基因, 文献检索得到的 2 对引物分别用于扩增 COI、28S-rRNA 基因序列, 在 PCR 程序的设计中使用了 touchdownPCR 以达到增强特异性的目的。将得到的核酸序列在 NCBI 网站比对, 下载同源相近序列进行分析, 能有效补充和验证传统分类鉴定的结果, 如太平洋细须螨 *Tenuipalpus pacificus* 在形态上与如今细须螨极相似, 但可以通过 NJ 树和遗传距离区分两者。

本研究基于形态学和 DNA 条形码技术对石榴如今细须螨的快速准确鉴定。获得了 COI 基因序列可以作为快速鉴定如今细须螨的 DNA 条形码的分子数据。由于该害螨的若螨和成螨聚集在叶片背部的叶脉、叶柄附近, 吸食汁液导致叶片发黄、提早脱落, 严重影响果实品质和产量, 而目前防治主要以农药为主, 不利于石榴产业健康可持续发展。因此, 需要更多学者不断扩充如今细须螨属的研究而获得更有效地鉴定依据, 同时也需要对该螨进行系统的生物学及生态学特性研究。本研究将 DNA 条形码技术和传统的形态学鉴定相结合, 相互弥补, 为物种精准、便捷的鉴定提供更好的依据。

参考文献 (References)

- Kader A, Zhu XF, Xu BQ, *et al.* Study on the occurrence and damage of *Tenuipalpus hornotinus* in Xinjiang [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2010, 47 (7): 1376-1485. [阿布都克尤木·卡德尔, 朱晓锋, 徐兵强, 等. 新疆如今细须螨发生及为害规律研究 [J]. 新疆农业科学, 2010, 47 (7): 1376-1485]
- Kader A, Lin JZ, Zhang YX, *et al.* The pest mite *Tenuipalpus hornotinus* from *Punica granatum* Linn in Xinjiang-a new record to China [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2015, 52 (2): 275-277. [阿布都克尤木·卡德尔, 林坚贞, 张艳璇, 等. 新疆石榴树害螨: 如今细须螨-中国新纪录 [J]. 新疆农业科学, 2015, 52 (2): 275-277]
- Kader A, Zhu XF, Xu BQ, *et al.* Efficacy trial of four acaricides against *Tenuipalpus hornotinus* on pomegranate [J]. *South China Agriculture*, 2017, 11 (20): 25-26. [阿布都克尤木·卡德尔, 朱晓锋, 徐兵强, 等. 四种杀螨剂防治石榴上如今细须螨的药效试验 [J]. 南方农业, 2017, 11 (20): 25-26]

- Baker EW. Mites of the genus *Tenuipalpus* (Acarina: Trichadenidae) [J]. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 1945, 47 (2): 33-38.
- Beard JJ, Seeman OD, Bauchan GR. Tenuipalpidae (Acari: Trombidiformes) from Casuarinaceae (Fagales) [J]. *Zootaxa*, 2014, 3778 (1): 1-157.
- Chaudhri WM. *Tenuipalpus* in Pakistan. I. descriptions of five new species (Acarina: Tenuipalpidae) [J]. *Pakistan Journal of Zoology* 1971, 3 (2): 203-212.
- Cui YN, Sun JT, Ge C, et al. Quick identification of *Tetranychus* spider mites using morphological characters and RFLP technology [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (2): 329-335. [崔玉楠, 孙荆涛, 葛成, 等. 基于形态与 RFLP 技术相结合的快速叶螨鉴定法 [J]. *应用昆虫学报*, 2013, 50 (2): 329-335]
- Cui YN. Study on Identification of *Tetranychus* Spider Mites Using Morphological Classification and Molecular: Technology [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University Master Thesis, 2016. [崔玉楠. 基于形态与分子技术相结合的叶螨鉴定法研究 [D]. 南京: 南京农业大学硕士论文, 2016]
- Chen GH, Yang Y, Zhang JX, et al. Study on the DNA barcode of *Trachylepidia fructicassella* Ragonot [J]. *China Plant Protection*, 2020, 40 (12): 15-22. [陈光辉, 杨燕, 张京宣, 等. 粗鳞螨 (*Trachylepidia fructicassella*) DNA 条形码研究 [J]. *中国植保导刊*, 2020, 40 (12): 15-22]
- Chen GH, Zhang XJ, LI Y, et al. Molecular identification of Muskmelon Fruit Fly *Myiopardalis Pardalina* based on DNA bar coding [J]. *Journal of Kashi University*, 2023, 44 (3): 49-55. [陈光辉, 张小菊, 李焱, 等. 基于 DNA 条形码技术甜瓜迷实蝇的分子鉴定 [J]. *喀什大学学报*, 2023, 44 (3): 49-55]
- Deng J, Guo HJ, Huang SK, et al. Molecular identification of *Neocypholaelaps indica* Evans based on mitochondrial COI gene [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (2): 380-386. [邓洁, 郭浩杰, 黄少康, 等. 基于线粒体 COI 基因的印度新曲厉螨的分子鉴定 [J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41 (2): 380-386]
- Han QX, Lin L, Wang BW, et al. New record of *Tenuipalpus pacificus* Baker and its occurrence on *Phalaenopsis* orchid in China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (4): 475-480. [韩群鑫, 林莉, 王碧微, 等. 国内新记录种太平洋细须螨及其对蝴蝶兰的发生危害调查 [J]. *环境昆虫学报*, 2014, 36 (4): 475-480]
- Hu MJ, Peng ZQ, Yang FZ, et al. Diseases and pests of Pomegranate (*Punica granatum* L.) and their control [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2003, 23 (3): 60-68. [胡美姣, 彭正强, 杨凤珍, 等. 石榴病虫害及其防治 [J]. *热带农业科学*, 2003, 23 (3): 60-68]
- Ho J, Sparagano OAE. Parasitic mite fauna in Asian poultry farming systems [J]. *Frontiers in Veterinary Science*, 2020, 7 (400): 1-8.
- Kamitani S. DNA barcodes of Japanese leafhoppers [J]. *Esakia*, 2011, 50: 81-88.
- Li GQ. DNA Barcoding and Molecular Phylogeny of the Spider Mites in China (Acari: Tetranychidae) [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University Master Thesis, 2010. [李国庆. 中国叶螨 DNA 条形码的研究及其系统发育分析 [D]. 南京: 南京农业大学硕士论文, 2010]
- Ma EP, Yuan YL. A preliminary record of the *Tenuipalpus* and the *Brevipalpus* in China [J]. *Journal of Nanchang University*, 1977: 119-123. [马恩沛, 袁艺兰. 中国细须螨属和短须螨属初记 (蜱螨目: 细须螨科) [J]. *南昌大学学报*, 1977: 119-123]
- Ma EP, Yuan YL. Four new species of the genus *Tenuipalpus* from China (Acari: Tenuipalpidae) [J]. *The Florida Entomologist*, 1980, 63: 118-122.
- Simon C, Frati F, Beckenbach A, et al. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1994, 87 (6): 651-701.
- Song N, Liu J, Cai WZ, et al. Application of DNA barcoding in insect taxonomy [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2013, 32 (3): 470-474. [宋南, 刘杰, 彩万志, 等. DNA 条形码在昆虫分类中的应用 [J]. *四川动物*, 2013, 32 (3): 470-474]
- Su XJ, Yang QG. Progress on the classification methods of the ticks and mites [J]. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2013, 36 (3): 212-215. [苏小建, 杨庆贵. 蜱螨分类鉴定方法的研究进展 [J]. *中国国境卫生检疫杂志*, 2013, 36 (3): 212-215]
- Wang HF. New species of *Tenuipalpus* from China (Acarina: Tenuipalpidae) [J]. *Zoological Systematics*, 1983, 8 (1): 51-62. [王慧英. 中国细须螨属新种记述 (蜱螨目: 细须螨科) [J]. *动物分类学报*, 1983, 8 (1): 51-62]
- Wu W, Liu HB, Zhang Z, et al. Analysis of base compositional properties of arthropod mitochondrial genomes [J]. *China Journal of Bioinformatics*, 2007, 3: 102-105. [武伟, 刘洪斌, 张泽, 等. 节肢动物线粒体基因组碱基组成特征分析 [J]. *生物信息学*, 2007, 3: 102-105]
- Xu Y, Fan QH, Zhang ZQ. A new species of *Ultratenuipalpus* (Acari: Tenuipalpidae) from Cook Islands, with a key to the known species [J]. *Zootaxa*, 2013, 3731 (2): 223-233.
- Xu Y, Fan QH, Huang J. Description of a new species of *Terminalichus* (Acari: Trombidiformes: Tenuipalpidae) from China [J]. *Zootaxa*, 2014, 3753 (3): 233-250.

Xu Y. A Taxonomic Study of Tenuipalpidae from China and New Zealand (Acari: Prostigmata) [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University Master Thesis, 2015. [徐云. 中国和新西兰细须螨科系统分类研究 [D]. 福州: 福建农林大学硕士论文, 2015]

附表

如今细须螨与相似种鉴别特征

Characteristics of *Tenuipalpus hornotinus* and similar species

科、属名	形态特征描述及比较		参考文献
Family and genus names	Description and comparison of morphological features		References
▲细须螨科 <i>Tenuipalpidae</i>	体长 200~500 μm; 体色多呈深红色; 背面观呈梨形、椭圆形、圆形, 背腹高度扁平; 体壁骨化程度高, 部分属表皮常有网状格, 体壁纹路和表皮上有无疣状或颗粒状突起		徐云, 2015
	Body 200-500 μm long; body mostly deep red; in dorsum view: pear, oval or circular, dorsum and venter flat highly; integument sclerotized highly; integument striae reticulated in some parts of the genus; integument striae with granular and verrucate protrusions or not		
属	相似属差异特征	细须螨属差异特征	
Genus	Differences between genera	Differential characteristics of <i>Tenuipalpus</i>	
榄仁树须螨属 <i>Terminalichus</i>	背面观椭圆形; 无背中毛; 背侧毛 4 对	背面观梨形; 背中毛 3 对; 背侧毛 6 对	
	In dorsum view: oval; not dorsocentral seta; dorsolateral seta 4 pairs	In dorsum view: pear; dorsocentral seta 3 pairs; dorsolateral seta 6 pairs	
外细须螨属 <i>Ultratenuipalpus</i>	须肢 4 节; 背侧毛 h2 不长鞭状	须肢 3 节; 背侧毛 h2 长鞭状	
	Palpus four-segmented; dorsolateral seta h2 not flagelliform	Palpus three-segmented; dorsolateral seta h2 flagelliform	
埃须螨属 <i>Aegyptobia</i>	背面观椭圆形; 须肢 5 节; 亚背侧毛 4 对	背面观梨形; 须肢 3 节; 无亚背侧毛	
	In dorsum view: oval; palpus five-segmented; dorsosublateral seta 4 pairs	In dorsum view: pear; palpus three-segmented; not dorsosublateral seta	
短须螨属 <i>Brevipalpus</i>	背面观卵圆形或椭圆形; 背侧毛 h2 不呈长鞭状; 末体不收缩	背面观梨形; 背侧毛 h2 呈长鞭状; 末体收缩	
	In dorsum view: oval; dorsolateral seta h2 not flagelliform; opisthosoma not contracted	In dorsum view: pear; dorsolateral seta h2 flagelliform; opisthosoma contracted	Xu <i>et al.</i> , 2013; Beard <i>et al.</i> , 2014; Xu, 2014; 阿布都克尤木·卡德尔等, 2015;
新须螨属 <i>Cenopalpus</i>	背面观椭圆形; 亚背侧毛 1 对; 腹板和生殖板分离	背面观梨形; 无亚背侧毛; 末体腹面生殖板与腹板融合	
	In dorsum view: oval; dorsosublateral seta 1 pair; separation of ventral and genital plate	In dorsum view: pear; not dorsosublateral seta; fusion of ventral and genital plate	
植须螨属 <i>Phytoptipalpus</i>	背面观椭圆形; 须肢 5 节; 亚背侧毛 5 对	背面观梨形; 须肢 3 节; 无亚背侧毛	徐云, 2015
	In dorsum view: oval; palpus five-segmented; dorsosublateral seta 5 pairs	In dorsum view: pear; palpus three-segmented; not dorsosublateral seta	
雷须螨属 <i>Raoiella</i>	背面观圆形; 亚背侧毛 4 对	背面观梨形; 无亚背侧毛	
	In dorsum view: circular; dorsosublateral seta 4 pairs	In dorsum view: pear; not dorsosublateral seta	
长叶螨属 <i>Dolichotetranychus</i>	背面观椭圆形, 常具颗粒状突起; 亚背侧毛 1 对	背面观梨形, 背腹高度扁平; 无亚背侧毛	
	In dorsum view: oval, with granular protrusions; dorsosublateral seta 1 pair	In dorsum view: pear; dorsum and venter flat highly; not dorsosublateral seta	
扁螨属 <i>Pentamerismus</i>	须肢 5 节; 亚背侧毛 2 对	须肢 3 节; 无亚背侧毛	
	Palpus five-segmented; dorsosublateral seta 2 pairs	Palpus three-segmented; not dorsosublateral seta	
▲细须螨属 <i>Tenuipalpus</i>	体呈红色, 背面观梨形, 背腹高度扁平; 须肢 3 节; 肩毛 1 对; 背中毛 3 对; 背侧毛 6 对, h2 长鞭状; 无亚背侧毛; 末体收缩; 末体腹面生殖板与腹板融合		
	In dorsum view: red, pear, flattened; palpus three-segmented; humeral setae 1 pair; dorsocentral seta 3 pairs; dorsolateral seta 6 pairs; h2 flagelliform; not dorsosublateral seta; opisthosoma contracted;		

种 Species	相似种差异特征 Differences between specifications	如今细须螨差异特征 Differential characteristics of <i>Tenuipalpus hornotimus</i>	
尖峰细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus jianfengensis</i> (female)	有口下毛 1 对; 前足体背面中央具网状格, 前缘和两侧具不规则的条纹; 后半体背面中央具网状格, 两侧具不规则的条纹; 足上胫节处腹毛为羽状 Subcapitular seta 1 pair; dorsal integument striae reticulated in the middle of propodosoma, anterior margin and lateral sides integument striae linear irregularly; dorsal integument striae reticulated in the middle of hysterosoma, lateral sides integument striae linear irregularly; ventral seta tibial of leg plumose	无口下毛; 前足体背面具不规则的褶皱; 足上腹毛均为刚毛状 Not subcapitular seta; dorsal integument striae plicate irregularly in the propodosoma; ventral seta of leg setal	
线毛细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus lineosetosus</i> (female)	有口下毛 1 对; 背毛均为线状; 背侧毛除 h2 为长鞭状其余均为线状; 足上背毛和侧毛均为鞭状; 爪毛 u 为刚毛状 Subcapitular seta 1 pair; dorsal seta linear except the h2; dorsal seta and lateral seta of leg funiculate; unguinal seta u setal	无口下毛; 背毛 v ₂ , sc ₁ 为刚毛状, sc ₂ 为狭披针状; 背侧毛除 h2 为长鞭状其余为刚毛状; 足上背毛和侧毛均为光滑的狭披针状; 爪毛 u 为羽状 Not subcapitular seta; dorsal seta v ₂ and sc ₁ setal, sc ₂ narrowly lanceolate; dorsolateral seta setal except the h2; dorsal seta and lateral seta of leg narrowly lanceolate; unguinal seta u funiculate	Baker, 1945; 马恩沛和袁艺兰, 1977; Ma and Yuan, 1980; 王慧美, 1983; 韩群鑫等, 2014; 阿布都克尤木·卡德尔等, 2015; 徐云, 2015
异细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus disparilis</i> (female)	有口下毛 1 对; 前足体背面中央具不规则的褶皱; 后半体背面中侧部具网状格; 足上爪毛为羽状和刚毛状 Subcapitular seta 1 pair; dorsal integument striae plicate irregularly in the middle of propodosoma; dorsal integument striae reticulated in the middle of hysterosoma; unguinal seta of leg plumose and setal	无口下毛; 前足体背面具不规则的褶皱; 足上爪毛均为羽状 Not subcapitular seta; dorsal integument striae plicate irregularly in the middle of propodosoma; unguinal seta of leg plumose	
铁线莲细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus clematidos</i> (female)	有口下毛 1 对; 背侧毛 5 对; 腹面具细密的横向表皮纹, 两侧具纵向的表皮纹 Subcapitular seta 1 pair; dorsolateral seta 5 pairs; integument striae transverse compactly in the venter, lateral sides vertical	无口下毛; 背侧毛 6 对; 腹面光滑 Not subcapitular seta; dorsolateral seta 6 pairs; venter smooth	
黄细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus aurantiacus</i> (female)	有口下毛 1 对; 前足体背面中央有两条明显的纵纹, 纵纹间具融合的网格状; 背毛 sc ₂ 为披针状; 后半体背面具网格状; 背侧毛除 h2 长鞭状外其余为披针状 Subcapitular seta 1 pair; two longitudinal integument striae obviously in the middle of propodosoma, with fused reticulated between the striae; sc ₂ lanceolate; dorsal integument striae reticulated in the hysterosoma; dorsolateral seta lanceolate except the h2	无口下毛; 前足体背面具不规则的褶皱; 背毛 sc ₂ 为狭披针状; 背侧毛除 h2 长鞭状外其余为刚毛状 Not subcapitular seta; dorsal integument striae plicate irregularly in the middle of propodosoma; sc ₂ narrowly lanceolate; dorsolateral seta setal except the h2	
柿细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus zhizhilashviliae</i> (female)	腹面具口下毛 1 对; 背侧毛为 5 对; 足腹面有羽状毛 1 对 Subcapitular seta 1 pair; dorsolateral seta 5 pairs;	无口下毛, 背侧毛为 6 对; 足上腹毛均为刚毛状 Not subcapitular seta; dorsolateral seta 6	

	ventral seta of leg plumose 1 pair	pairs; ventral seta of leg setal
桃细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus taonicus</i> (female)	有口下毛 1 对; 前足体背面中央具规则网格状; 背毛 sc ₂ 为披针状; 背侧毛 d3 刚毛状, e3, f2, f3, h1 披针状 Subcapitular seta 1 pair; dorsal integument striae reticulated regularly in the middle of propodosoma; sc ₂ lanceolate; d3 setal; e3, f2, f3, h1 lanceolate	无口下毛; 前足体背面具不规则的褶皱; 背毛 sc ₂ 为狭披针状; 背侧毛除 h2 长鞭状 外其余为刚毛状 Not subcapitular seta; dorsal integument striae plicate irregularly in the propodosoma; sc ₂ narrowly lanceolate; dorsolateral seta setal except h2
化香细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus platycaryae</i> (female)	有口下毛 1 对; 背毛 sc ₂ 为披针状; 背侧毛除 h2 长鞭状外其余为披针状; 足上背毛和侧毛为披针 状 Subcapitular seta 1 pair; sc ₂ lanceolate; dorsolateral seta lanceolate except h2; dorsal and lateral seta of leg lanceolate	无口下毛; 背毛 sc ₂ 为狭披针状; 背侧毛 除 h2 长鞭状外其余为刚毛状; 足上背毛 和侧毛均为光滑的狭披针状 Not subcapitular seta; sc ₂ narrowly lanceolate; dorsolateral seta setal except h2; dorsal and lateral seta of leg narrowly lanceolate smoothly
太平洋细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus pacificus</i> (female)	背观为椭圆形; v ₂ 和 sc ₁ 狭披针状和 sc ₂ 阔披针状; 颚体喙盾发达, 顶端尖 In dorsum view: oval; v ₂ and sc ₁ narrowly lanceolate, sc ₂ broadly lanceolate; gnathosoma wide, the top sharp	背观为梨形; 背毛 v ₂ , sc ₁ 和 sc ₂ 刚毛状; 颚体短 In dorsum view: pear; v ₂ , sc ₁ and sc ₂ setal; gnathosoma short
▲如今细须螨 (雌) <i>Tenuipalpus hornotinus</i> (female)	背面观梨形; 前足体背面具不规则褶皱; 肩毛 1 对; 背中毛 3 对, 其中 2 对为刚毛状 1 对为狭 披针状; 后半体具不规则褶皱; 背侧毛 6 对, 其中 h2 长鞭状其余为刚毛状; 腹面光滑; 足上 背毛和侧毛均为狭披针状, 足上腹毛有 1 对为狭披针状, 其余均为刚毛状, 跗节上毛为长鞭状 和狭披针状; 爪毛均为羽状 In dorsum view: pear; dorsal integument striae plicate irregularly in the propodosoma; humeral seta 1 pair; dorsocentral seta 3 pairs with two setae and one narrowly lanceolate; dorsal integument striae plicate irregularly in the hysterosoma; dorsolateral seta 6 pairs with setae except h2; venter smooth; dorsal and lateral seta of leg narrowly lanceolate, narrowly lanceolate ventral seta 1 pair; tarsus seta flagelliform and narrowly lanceolate; unguinal seta plumose	

注: 本实验研究对象所在科、属、种用 ▲ 标出。Note: Our sample was marked by ▲.