掃描式電子顯微鏡在農業昆蟲及蟎類鑑定之應用

申屠萱 [1,*]　石憲宗 [1]　張淑貞 [1]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組。台灣　台中市

摘要

本文主要介紹應用掃描式電子顯微鏡 (scanning electron microscope, SEM) 研究昆蟲及蟎類的超微結構，在農業昆蟲及蟎類分類學、生理學、病理學等基礎研究具有重要意義。SEM 在昆蟲超微結構的應用，涵蓋觸角感覺器、口器感覺器及微粒體之研究，在形態研究具分類鑑定意義，在行為研究可推知偏好性，在演化研究可推知演化趨勢。SEM 在蟎類鑑定應用方面，對微小蟎體的超微結構形態檢視、分類有極大幫助，特別在屬間和種間的分類提供更清楚的區分依據。菇蟎–木耳盧西蟎 (*Luciaphorus auriculariae*) 雌蟎的顎體內縮藏於軀體，在此提出可使顎體伸出於體軀外的方法，達到以 SEM 檢視顎體表面微細構造之目的。隨著 SEM 技術及周邊影像設備的進步，期能建立一關鍵害蟲、害蟎之 SEM 影像資料庫，將有助於提升重要檢疫有害生物及新興有害生物的辨識能力。

關鍵詞: 掃描式電子顯微鏡、農業昆蟲、蟎類、木耳盧西蟎、顎體

一、前言

農業昆蟲涵括農作物害蟲、農作物益蟲及資源昆蟲，農業蟎類則包括作物害蟎、倉儲害蟎及捕食性蟎類。現今昆蟲及蟎類的分類鑑定方法仍以形態特徵為主，體形較大的種類可使用解剖顯微鏡檢視外部形態，經檢索表進行分類鑑定；體形小的種類，需製成玻片標本，以光學顯微鏡檢視其外部形態。而針對體形更微小的種類 (0.5 mm 以下) 或相似種的微細結構，掃描式電子顯微鏡(scanning electron microscope, SEM)將能針對超微結構進行檢視，做為鑑定依據。SEM 係利用電子與物質作用所產生的訊號來呈現微細結構的影像，呈真空狀態的電子槍透過熱游離或場發射原理產生高能電子束，經過電磁透

*論文聯繫人
E-mail: shentu@tari.gov.tw

鏡組後，可以將電子束聚焦來掃描樣品表面以形成影像 (蕭等 2004；羅 2013)。隨著科技進步，SEM 的解析度及操作方便性不斷提升，往昔檢視生物樣品需要經過一連串脫水、乾燥等處理，並鍍金以增加良好導電性，且在高真空環境下方可進行拍攝。SEM 技術發展至今已有環境式掃描式電子顯微鏡 (environmental–SEM, ESEM) 和低溫電子顯微鏡 (cryogenic–EM, Cryo–EM)，在低真空或低溫的環境下，可直接觀察新鮮的生物材料，更為簡便。SEM 技術在生物材料前處理方面，也有一些突破，如郭等 (2021) 提出以離子液體當作樣品的前處理試劑應用在非導體、含水以及生物材料中，用於取代傳統的濺鍍金屬層，如發展成熟，其簡便、快速的方法，更提升 SEM 的應用性。再者，SEM 成像技術結合數位影像技術，發展影像辨識系統等多元化應用亦具潛力，應用範圍甚廣。SEM 技術在農業昆蟲及蟎類的研究，不僅應用於超微結構形態分類，對於其分類學、生理學及作物防治亦具有重要意義，本文主要介紹 SEM 應用在昆蟲超微結構觀察、蟎類形態分類及超微結構檢視，與在其他方面的應用。

二、SEM 在昆蟲超微結構的應用

(一) 觸角感覺器 (antennal sensilla)

感覺器是昆蟲體壁表皮特化的結構，具有感知各種環境刺激的重要功能。觸角是各種感覺器最富集的器官之一，在觸角上，常著生不同類型的感覺器，在寄主選擇、取食、配偶吸引、產卵、防禦和遷徙等功能上扮演重要角色。當性費洛蒙成為應用在生物防治上的重要方法之一時，感覺器功能研究漸為重要，更多研究開始探討感覺器與行為之關係。例如，氣味可以通過嗅覺感器檢測並引導昆蟲行為 (Schneider 1964)。鱗翅目蛾類有些種類的觸角感覺器有雌雄異型的情形，Li *et al.* (2018) 以 SEM 檢視小菜蛾 *(Plutella. xylostella*)成蟲觸角，在雌成蟲找到 6 種感覺器，在雄蟲觸角則找到 7 種感覺器，相比之下，雄蟲多了 1 種感覺器，即錐形感覺器 (sensilla basiconica)，推測可能與性費洛蒙有關。成蟲觸角上最豐富和分布最廣的感覺器為sensilla trichodea，呈毛狀，為接收來自寄主植物揮發物及性費洛蒙的嗅覺感覺器。Liu *et al.* (2021) 以 SEM 檢視椰子綴蛾 (*Opisina arenosella*) 成蟲觸角表面的感覺器，發現一種腔錐感覺器 II (senilla coeloclnica II)僅在雌蟲發現，推測此與雌蟲產卵選擇寄主有關。亦觀察到椰子綴蛾觸角上發現一種刺形感覺器 II (sensilla chaetica) 與其他昆蟲的刺形感器形態有區別，可能與此蛾喜歡在棕櫚植物的老葉上產卵有關。諸多分類學者以觸角附著感覺器的形狀、數量及分布樣態來探討演化趨勢，如Shih & Yang (1996, 1997) 以 SEM 檢視稻蝨科 (Delphacidae) 81 屬 104 種、菱飛蝨科 (Cixiidae) 29屬50種等觸角上的瓦楞感覺器 (sensory plaque organs) 形態與分布位置

樣態，進行分群，並推知各群之演化趨勢，在分類上具重要意義。Liu *et al.* (2021) 使用 SEM 檢視 3 種薊馬 *Odontothrips loti*、*Megalurothrips distalis* 、*Sericothrips Kaszabi* 的觸角感覺器，有9種形態，異種間具有相似形態及分布模式，推知它們可能在信號感知具有相似的功能。由系統發生演化角度，觸角感覺器形態差異與其分類近緣關係具相關性，*Odontothrips* 屬和 *Megalurothrips* 屬在分類上為親緣近的姊妹屬 (sister taxa)，兩者觸角感覺器形態分布相近，*Sericothrips kaszabi* 則與前兩屬差異較大。

(二) 口器感覺器 (mouthparts sensilla)

昆蟲除了觸角，在口器上亦有各類型的感覺器，在它們的行為中發揮著重要作用。Li *et al.* (2008) 以 SEM 觀察甜菜夜蛾 (S*podoptera exigua*) 幼蟲咀嚼式口器上的感覺器，推知多種感覺器與感知寄主汁液有關，其中位於幼蟲上顎鬚 (temainal maxinary palpus) 的單孔錐形感覺器 (uniporous sensilla basiconica)具味覺功能，可感知植物特定刺激物，對於忌避物質研究用以驅蟲有應用潛力。Li *et al.* (2018) 以 SEM 檢細視小菜蛾幼蟲口器感覺器，觀察到 6 種感覺器，包括 sensilla chaetica、sensilla digitiformia 、sensilla epipharyngeal 、sensilla basiconica、sensilla styloconica 及 sensilla placodea，這些感覺器在其他鱗翅目幼蟲亦有發現，但它們的形態、分布及大小會因物種不同有所差異，且這些感覺器被認為與嗅覺接收功能有關 (Albert 1980; Kent & Hildebrand 1987)。

(三) 微粒體 (brochosomes)

微粒體 **(**brochosomes**)** 為葉蟬科 (Cicadellidae) 所特有的分泌物，由馬氏管產生，具有防水功能。葉蟬分泌的微粒體會先沉積在微粒體儲存區，再被塗抹到整個體表，大量存在葉蟬科昆蟲體表的各個部位，其功能為保護葉蟬不被水分及自身分泌蜜露潤濕；Roman & Stanislav (2013) 證明葉蟬 *Alnetoidia alneti* 微粒體具有超疏水性。Dong & Huang (2013) 觀察小葉蟬亞科 (Typhlocybinae) 6 族 19 種葉蟬之微粒體儲存區的超微結構，依呈現形態將其分為 3 種類型，並與其生活環境比對，歸納其形態類型與生活環境有關係；例如寄主分布於草原者，其分布體表的微粒體較多且儲存區明顯。Lu & Yang (2011) 以 SEM 檢視大青葉蟬 (*Cicadella viridis*) 的卵、若蟲、成蟲上都觀察到形狀類似的球狀微粒體，且雌雄間無差異，在卵上面的微粒體則多為棒狀或絲狀，應與降低寄生蜂的寄生率有關。

三、SEM 在農業蟎類鑑定之應用

蟎蜱係屬蛛型綱、蟎蜱亞綱，體型小，生存在各式各樣的環境之中(Krantz & Walter 2009)，在農作物上常見的害蟎有葉蟎、節蟎、

細蠕、粉蠕、菇蠕等。危害農作物上的蠕類體形通常微小，大約 0.2~0.5 mm。側多食細蠕 (*Polyphagotarsonemus latus*)又稱茶細蠕，取食多種農作物的新芽及葉片，造成新芽皺縮卷曲 (黃 2016)；番茄刺皮癭蠕 (*Aculops lycopersici*) 刺吸番茄葉片、莖部、果柄和果實，造成整葉枯萎；茭白筍捲葉節蠕 (*Acaralox* sp.) 刺吸茭白筍葉片汁液，造成卷葉 (申屠等 2020)；帕尼盧西蠕 (*Luciaphorus perneciosus*) 取食木耳菌絲及子實體 (Khaustov *et al.* 2018)。由於蠕類體型微小，肉眼難見，若從作物表現被害徵狀，常不易察覺是由蠕類引起，需以高倍數光學顯微鏡及專業經驗協助判定。因此，無論是著名的經濟害蠕或是默默無聞的新興害蠕，都需要有更精準的分類參考依據，才能在早期發現時，有效收集國內外相近種類的有害生物為害資訊，擬定合適的防治方法。蠕分類至今仍以形態為主要分類方式，近年分子生物技術的發展已可在短時間完成 DNA 定序，使種間鑑定變得更為快速。困難的是，蠕物種基因庫資料不足，使得重要害蠕或新興害蠕常缺乏 DNA 資料可供比對，仍須回到形態分類系統完成鑑定。蠕的形態分類以單毛、複毛分為寄蠕總目 (Parasitiformes) 和真蠕總目 (Acarformes)；以螯肢 (chelicerae) 具螯狀分目 (order)，以氣管位置、背板特徵分亞目 (superprder)；以螯肢、觸肢發達程度、體表背面、腹面、末端、側面、末體、各足之剛毛、足上感覺器之有無及形狀等特徵，區分至科、屬、種 (Krantz & Waller 2009)。另外，在特定區域的體表紋路，也會列入種與種之間分類依據。蠕體以光學顯微鏡檢視蠕類外部形態特徵進行鑑定前，需要製作成玻片標本。與製作 SEM 標本相比，玻片標本更需要熟練技巧，有些種類需檢視局部特徵，更不易製作，例如葉蠕科 (Tetranychidae) 雄成蠕生殖器形態作為種間鑑定特徵，需將雄成蠕製成側面標本以檢視。玻片標本的好處是可以長久保存，對軀體柔軟的蠕體來說，製成 SEM 標本不易保存，幸有數位影像保存技術可彌補此缺點。大部分農業害蠕的體形小，體表的超微結構若能以 SEM 檢視，將會更清楚，例如顎體及足上的剛毛、感覺器形狀。因此，在蠕分類有檢視超微結構的需求時，SEM 可提供更清楚的形態觀察證據。以下就蠕形態結構簡要說明，並舉例可用 SEM 檢視的超微結構。

(一) 顎體 (gnathosoma)

蠕類的體軀是由顎體 (gnathosoma) 和軀體 (idiosoma) 構成，顎體是蠕類外部形態最複雜的部份，位於軀體前端，具有螯肢 (chelicera) 及觸肢 (pedipalp) 各 1 對，有口下板 (hypostome) 及頭蓋 (tectum) 各 1 塊，其形態皆可為分類依據。螯肢與觸肢同為取食器官，大部分蠕類的螯肢成螯鉗狀，例如粉蠕。有些蠕類螯肢變形特化，例如葉蠕的螯肢變形特化為單一的口針鞘 (stylophore)，鞘內附有鞭狀的針，葉蠕用此口針刺傷植物，

吸取汁液；矮蒲蟎科 (Pygmephoridae) 的螯肢退化成一上蓋，其上螯肢剛毛為種間分類依據。觸肢位於螯肢外方或後方，主要功能是尋找、捕捉和把握食物，由 6 個可動節–轉節 (trochanter)、腿節 (femur)、膝節 (genu)、脛節 (tibia)、跗節 (tarsus) 組成，變化性大，跗節常退化為爪狀，葉蟎科觸肢的跗節與脛節爪癒合為拇爪複合體，矮蒲蟎科的盧西蟎屬 (*Luciaphorus*) 亦具有此構造 (圖 4G)，可能具把握食物的功用。

(二) 剛毛 (seta)

剛毛分布於蟎類體表，也分佈在各足上，依功能可分為觸覺毛 (tactile setae)、感覺毛 (solenidia)、芥毛 (famuli)、盅毛 (trichobothria，又稱假氣門器)；依形狀分為絲狀、鞭狀、葉狀、棒狀等多種形狀。由於剛毛是蟎類體表更細微的結構，常用在屬和種的分類，例如粉蟎科 (Acaridae) 的食酪蟎屬 (*Tyrophagus*) 和干向酪蟎 (*Tyrolichus casei*) 以體軀背毛與側毛的長度來區分屬，小異蟎科 (Microdispidae) 以後體背毛 (dorsal hysterosomal seta) 形態來區分 *Reductodispus* 及 *Tubulodispus* 兩屬 (Khaustov 2018)，背毛的形狀如細長、粗壯、呈細刺等，亦為種間分類依據。

(三) 足 (leg)

蟎類的足分為基節、轉節、腿節、膝節、脛節、跗節，跗節末端通常為爪狀或吸盤狀，有多種變異，例如節蟎科的跗節末端具羽狀爪(featherclaw, or empodium)，為單羽或複羽，支數不等(圖 1)，為節蟎重要的分類依據，例如節蟎科的斜節蟎屬 (*Acaralox*) 的 *A. bognari* 前背盾線條與 *A. croatiae* 相近 (Ripka 2015; Skoracka *et al.* 2009)，跗節羽爪同樣有 7 個分支，但形態明顯不同。蟎類足上的剛毛及感覺棒，屬於更超微的結構，高倍率光學顯微鏡檢視放大倍數僅 1,000 倍，且標本必須扁平，SEM 可以放大至數萬倍，且可看出其立體結構。例如在粉蟎科的根蟎屬 (*Rhizoglyphus*) 足 I 跗節背毛為錐狀，嗜木蟎屬 (*Caloglyphus*) 的跗節背毛為細長剛毛，可區分此兩屬(李&沈 2016)。

(四) 背盾 (pordorsal shield)

為節蟎總科 (Eriophyoidea) 特有分類特徵，即位於口喙上方的骨板，背盾線條常為種的分類特徵。節蟎通常會做成玻片標本檢視背盾線條，節蟎的背盾被覆有臘粉，玻片標本看不出被覆臘粉形態，因此節蟎研究學者常會以 SEM 標本檢視背盾構造，作為分類依據。例如茭白筍捲葉節蟎的背盾，分別以實體光學顯微鏡觀察新鮮蟎體、以光學顯微鏡觀察蟎體玻片標本、以 SEM 檢視鍍金標本等拍攝圖像，更清楚其構造形態 (圖 2)。除了前述觀看昆蟲、蟎類各細部特徵，SEM 亦有一些具突破性的觀察，例如蒲蟎科的 *Pyemotes herfsi* 以 SEM 冷凍載台拍攝雌蟎的膨腹體 (physogastric)(圖 3)，對於非扁

平式的生物可做更細緻的觀察 (Broce *et al.* 2006)。Maketon *et al.* (2008)應用 SEM 觀察一種綠殭菌 *Metarhizium anisopliae* 感染多食細蠕的過程，比光學顯微鏡更能詳觀從分生孢子接觸蠕體、孢子萌發、菌絲體滲入蠕體、定殖、再產生分生孢子的現象，呈現蟲生真菌感染細蠕的過程。筆者在研究一種木耳害蠕–盧西蠕時，為進行形態鑑定，將雌成蠕製成玻片標本，原本縮藏在體軀前體內的顎體，使用蓋玻片擠壓可使顎體自體軀伸出，便可在光學顯微鏡下檢視其顎體結構，但是製作成 SEM 標本時，顎體不會伸出，無法以 SEM 檢視其顎體。乳酸(lactic acid) 是酸性腐蝕劑，在高溫中有助於蠕體內的血液及大量色素被擠壓出來，以達到軟化及透化 (陳 2002)。筆者嘗試以乳酸浸泡盧西蠕蠕體並以高溫加熱，觀察是否有助於使顎體伸出軀體，以便進行 SEM 觀察。

四、應用 SEM 觀察木耳盧西蠕顎體之方法

供試蟲體為木耳盧西蠕 *(L. auriculariae*)，以毛筆挑取雌成蠕之新鮮蠕體 20 隻，置於凹槽玻片上，加入 85% 乳酸 (J.T. Baker, USA) 浸泡 10 分鐘，再放到加熱板上加熱。加熱條件設定如下： 100℃各加熱 30 s、60 s、90s、120 s，觀察顎體是否自體軀內伸出。另以毛筆挑取浸泡於酒精的蠕體，置於凹槽玻片上，加入 85% 乳酸浸泡 10 分鐘，再放到加熱板上，再以 100℃各加熱 30 s、60 s、90s、120 s、150 s。將伸出顎體的蠕體置於 15 mm 載台，以 20 mA 鍍金 60 s，以 SEM (Hitachi SU–3900，Japan) 檢視顎體上的螯肢、觸肢及附著表面的剛毛、感覺器。

五、應用 SEM 觀察木耳盧西蠕顎體之結果及討論

將新鮮的木耳盧西蠕蠕體浸泡在乳酸內，並以 100℃加熱 2 分鐘時，顎體便自體軀內伸出。將蠕體浸泡 70%酒精一段時間後，浸泡在乳酸內並加熱時，以 100℃加熱需 150 s，顎體可自體軀內伸出，比新鮮蠕體略慢。於上述結果可知此方法適用新鮮蠕體及經酒精浸泡後的個體。

圖 4 為木耳盧西蠕經鍍金後，以 SEM 檢視其顎體背面的螯肢剛毛 cha、chb 及觸肢剛毛 dFe、dGe，顎體腹面的附生結構 (accessory setigenous structure, ass)、感棒 (solenidia, sol)，頭下剛毛 (scbcapitular setae)。與另一種帕尼盧西蠕 (*L. perneciosus*)相比，帕尼盧西蠕顎體背面缺螯肢剛毛 chb、觸肢剛毛 dFe，顎體腹面缺頭下剛毛 (Khaustov *et al.* 2018)。另一新種 *Luciaphorus* sp. 雌成蠕各部形態與木耳盧西蠕極為相似，但是體長較長，且與其體形有明顯差異，同樣具有 cha、chb、dFe、dGe。LP、LA、*Luciaphorus* sp. 顎體螯肢背面皆具有細長剛毛 cha，cha 在信號感知具有重要性。矮蒲蠕總科多種食菌蠕皆在觸肢末端

有一特化的拇爪體，其功能可能與取食真菌菌絲有關。盧西蟎屬的顎體是首次發表以 SEM 觀察表面結構及附著的剛毛與感覺器。

六、結語

在農業害蟲及害蟎的分類領域，形態分類仍然是最基礎的分類體系，對於細部特徵差異辨識能力，往往需要經驗豐富的專業學者進行判斷。分類學是一門專精的科學，也是一門藝術性科學，研究者具備相當的觀察及歸納能力。工欲善其事，必先利其器，SEM 具有高倍率放大及形態立體等優點，可凸顯出光學顯微鏡無法鑑識的超微特徵，加上現今 SEM 設備均已數位化，若結合日益發展的影像辨識技術，可發揮快速鑑識應用。未來在 SEM 的應用，可開發關鍵有害生物超微形態之區辨及技術，結合現今影像辨識的技術提升，如能建立一關鍵害蟲害蟎之 SEM 影像資料庫，將有助於提升防檢疫領域在重要檢疫有害生物及新興有害生物的辨識能力。

參考文獻

申屠萱、張淑貞、黃晉興。2020。茭白筍新興害蟎–茭白筍捲葉節蟎。農業世界。439:17–19。

李朝品、沈兆鵬主編。2016。中國粉蟎概論。科學出版社。北京。568 頁。

陳文華。2002。蟎蜱類的採集與標本製作。植物重要防疫檢疫害蟲診斷鑑定研習會 (二) ：115–126。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。台北市。150 頁

郭尚甫、張庭豪、謝伊婷。2021。離子液體應用在掃描式電子顯微鏡之影像觀察。化學。79 : 33–43。

黃秀雯。2016。設施栽培內茄科與葫蘆科側多食細蟎之防治。臺南區農業專訊 98: 12–14。

蕭旭峰。2004。昆蟲超微構造在防檢疫害蟲鑑定上之應用。植物重要防疫檢疫害蟲診斷鑑定研習會 (四) ： 45–53。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。台北市。140 頁

羅聖全。2013。科學基礎研究之重要利器─掃描式電子顯微鏡 (SEM)。科學研習月刊 52 : 5–9 。https://www.ntsec.gov.tw/User/Article.aspx?a=1663。

Albert P. J. 1980. Morphology and innervation of mouthpart sensilla in larvae of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (Lepidoptera: Tortricidae). Can. J. Zool. 58: 842–851.

Broce, A. B., L. Zurek, J. A. Kalisch, R. Brown, D. L. Keith, D. Gordon, and J. Weber. 2006. *Pyemotes herfsi* (Acari: Pyemotidae), a mite new to North America as the cause of bite

outbreaks. J. Med. Entomol. 43: 610–613.

Dong, H. and M. Huang. 2013. Ultramorphology of the brochosome –area in Typhlocybinae (Hemiptera: Cicadellidae). J. Northwest A and F University–Natural Science Edition 41: 85–90.

Kent K. S. annd J. G. Hildebrand. 1987. Cephalic sensory pathways in the central nervous system of larval *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae). Philo. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci. 315: 1–36.

Khaustov, A. A., H. Shentu, and C. C. HO. 2018. Redefinition of the genus *Luciaphorus* Mahunka , 1981 (Acari: Pygmephoridae) with redescription of *L. perniciosus* Rack, 1983 and *L. auriculariae* Gao, Zou and Jiang, 1990. Zootaxa 4369: 536–556.

Khaustov, A. A. 2018. First record of the genus *Neomicrodispus* (Acari: Microdispidae) from Russia with the description of a new species and a key to world genera of the family Microdispidae. Acarina. 26 : 175–182.

Krantz, G. W. and D. E. Walter, (EDS.). 2009. A Manual of Acarology. Third Edition. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, 807 pp.

Li, J. X., J. J. Wang, W. Deng, B. Yang, J. Li, and H. Liu. 2008. Description on sensilla on the larval antennae and mouthparats of S*podoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera, Noctuidae). Acta Zootaxonomica Sinica 33: 443–448.

Li, Y. P., D. U. Xiao, F. F. Liu, L. I. Yin, and T. X. Liu. 2018. Ultrastructure of the sensilla on antennae and mouthparts of larval and adult *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). J. Integr. Agric. 17: 1409–1420.

Liu, Y. Q., J. Li, and L. P. Ban. 2021. Morphology and Distribution of Antennal Sensilla in Three Species of Thripidae (Thysanoptera) Infesting Alfalfa Medicago sativa. Insect. 12:81 https://doi.org/10.3390/insects12010081

Lu, Z. Y. and M. Yang. 2011. Scanning electron Microscopy Observation on the Brochosomes of *Cicadella viridis*. Guizhou Agric. Sci. 39: 80–82.

Maketon, M., P. Oeoaz–Coghlan, and J. Sinprasert. 2008. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycota: Hyphomycetes) for control of broad mite

Polyphagotarsonemus latus (Acari: Tarsonemidae) in mulberry. Exp. Appl. Acarol. 46: 157–167.

Rakitov, R. and S. N. Gorb. 2013. Brochosomes protect leafhoppers (Insecta, Hemiptera, Cicadellidae) from sticky exudates. J. R. Soc. Interface. 10: 20130445.

Ripka, G. 2015. A new *Acarolox* species (Acari: Prostigmata: Eriophyoidea) on *Verbena officinalis* L. from Hungary. Acta Zool. Adad. Sci. 61: 247–254.

Schneider D. 1964. Insect antennae. Annu. Rev. Entomol. 9: 103–122.

Shih, H. T. and C. T. Yang. 1996. Antennal sensory plaque organs of the Delphacidae (Homoptera: Fulgoroidea). Chin. J. Entomol. 16: 209–217.

Shih, H. T. and C. T. Yang. 1997. Antennal sensory plaque organs of the Cixiidae (Homoptera: Fulgoroidea). Chin. J. Entomol. 17: 38–40.

Skoracka, A., A. Labrycka, and B. G. Rector. 2009. Three new species of Eriophyoid mites (Acari: Prostigmata: Eriophyoidea) from grass hosts in Croatia. Ann. Entomol. Soc. Am. 102: 12–19.

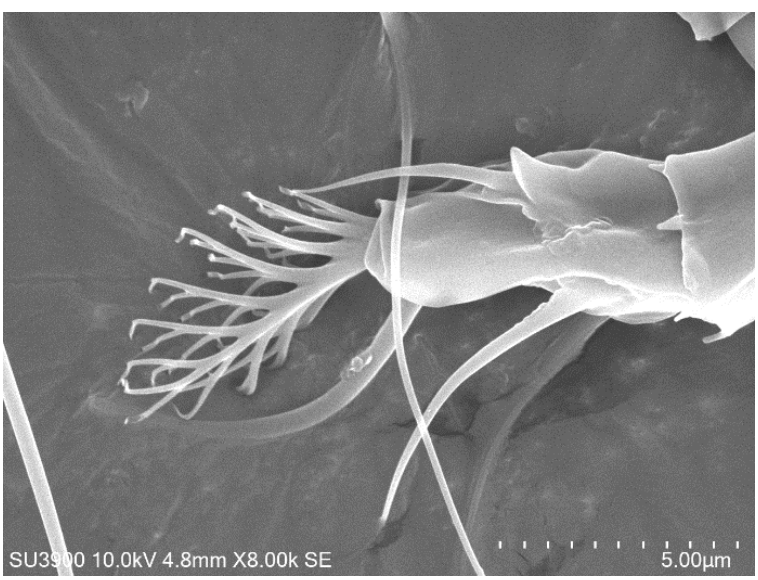


圖 1. 以 SEM 觀察茭白筍捲葉節蠕(Acaralox sp.)足羽狀爪，具 8–9 分叉，兩側對稱。

Fig. 1. SEM micrograph of Acaralox sp. female : empodium (featherclaw) of leg.



圖 2. 茭白筍捲葉節蟎雌成蟎，A: 以解剖顯微鏡觀察新鮮蟎體(放大 150 倍)；B、以光學顯微鏡觀察玻片標本(放大 400 倍)；C、以 SEM 觀察鍍金標本(放大 1100 倍) 。

Fig. 2. *Acaralox* sp. female, A. Dissecting microscope (150x magnification)；B. Optical microscope (400x magnification)；C.SEM (1,100x magnification).

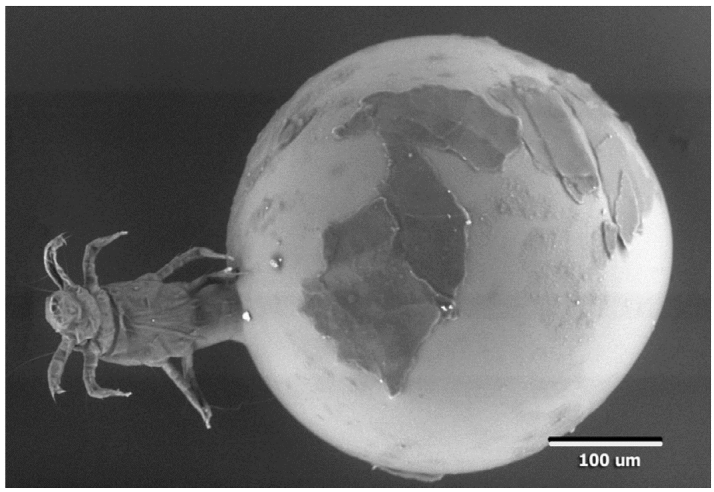


圖 3. 蒲蟎 *Pyemotidae. herfsi* 雌成蟎的膨腹體，未固定，以 SEM(Hitachi S3500N)冷凍載台進行掃描（Broce *et al.* 2006) 。

Fig. 3. Image of a physogastric *Pyemotidae. herfsi* female, taken as a fresh, nonfixed specimen on a frozen stage of a Hitachi S3500N scanning electron microscope.(Broce *et al.* 2006)

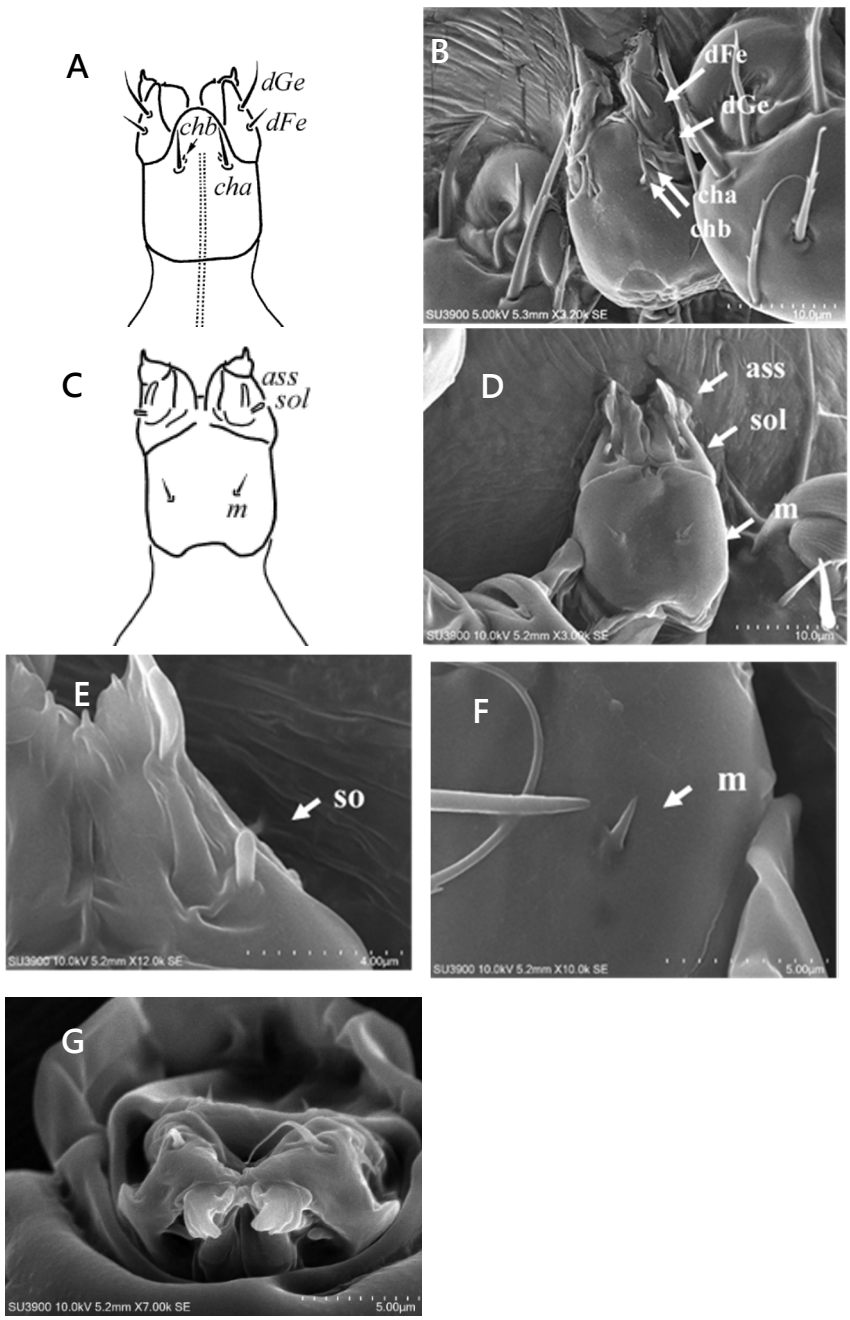


圖 4.以 SEM 檢視木耳盧西蟎顎體上的剛毛、附生結構及感棒。

Fig. 4. *Luciaphorus auriculariae,* Female : A. ganthosoma dorsal; B. SEM of ganthosoma dorsal:cha, chb, dFe, dGe; C. ganthosoma ventral, D. SEM of ganthosoma ventral, ass, sol, m; E. sol ; F. m; G. ganthosoma palp claw. (Fig3A、3C Quoted from Khaustov *et al.* 2018)

Application of Scanning Electron Microscope in Identification of Agricultural Insects and Mites

Hsuan Shentu[1,*], Hsien–Tzung Shih[1], and Shu–Chen Chang[1]

[1]Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

Abstract

The aim of this article is to introduce the application of a scanning electron microscope (SEM) in the study of the ultrastructure of insects and mites, which is of great significance to the basic research of taxonomy, physiology, and pathology of agricultural insects and mites. The application of SEM in the ultrastructure of insects, including the study of antennal sensilla, mouthparts sensilla, and brochosomes. These structures have identification significance in taxonomy, preference, and function in behavior, and the evolutionary trend can be inferred in evolution. The identification and application of SEM on mites are of great help in the ultrastructural morphological examination and classification of microscopic mites, especially in the classification of genera and species, providing a clearer basis for differentiation. A mushroom mite, *Luciaphorus auriculariae*, the female's gnathosoma is retracted in the podosoma. This paper proposes a method to extend the mandible outside the body to observe the microstructure of the mandible surface by SEM. It is hoped that with the advancement of SEM technology and peripheral imaging equipment, establishing an SEM image database of key pests and mites will help to improve the ability to identify important quarantine and emerging pests in the field of quarantine prevention.

Key words: SEM, Agricultural Insects, Mite, *Luciaphorus auriculariae*, ganthosoma

*Corresponding author.
E-mail: shentu@tari.gov.tw