

嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] (半翅目：沫蟬總科：尖胸沫蟬科) 之形態、取食及發育

張淑貞² 石憲宗² 路光暉^{3,4,5}

摘要

張淑貞、石憲宗、路光暉。2012。嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] (半翅目：沫蟬總科：尖胸沫蟬科) 之形態、取食及發育。台灣農業研究 61:343–354。

嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] 以刺吸植物木質部汁液為生，寄主廣泛。本研究以竹仔菜 (*Commelina diffusa* Burm. f.) 飼育此沫蟬，觀察其外部形態及發育。其第 1 齡至第 5 齡若蟲之平均頭寬依序為 0.53、0.73、1.10、1.64 及 2.43 mm，平均體長為 1.66、1.94、2.67、4.08 及 6.02 mm。在 25°C 定溫下，第 2 齡至第 5 齡若蟲之平均發育日數分別為 4.0、4.0、4.8 及 8.9 日。此沫蟬取食時以口針鞘抵在植物表面，再伸出其內之口針束刺穿植物表皮取食，口針鞘及口針束長度分別為 1.64 mm 及 1.48 mm。另以大花咸豐草 (*Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch.) 瓶插於 Brilliant Blue FCF 染液內，供第 5 齡若蟲吸食汁液，在其連續刺吸 14.0 分鐘後，可見排出之泡沫液變藍；解剖後可見其食道、濾室、中腸及後腸皆已呈藍色，然其 4 條馬氏管則未變色，證實食物液流不會直接進入馬氏管。中腸後段由濾室後端進入，往前迴旋整齊排列，最後再沿著濾室在馬氏管進入濾室處上方穿出濾室。嗜菊短頭脊沫蟬因寄主廣泛，深具傳播植物病害潛力，本研究結果將可供後續相關研究之參考。

關鍵詞：嗜菊短頭脊沫蟬、沫蟬、取食木質部昆蟲、形態、發育期。

前言

嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] 屬於半翅目 (Hemiptera) 沫蟬總科 (Cercopoidea)、尖胸沫蟬科 (Aphrophoridae) 之短頭脊沫蟬屬 (*Poophilus*)，其若蟲具有產生泡

沫液包覆全身之行為。此沫蟬廣泛分布於非洲及亞洲地區，台灣地區除澎湖外，皆有採集紀錄 (Ajayi & Oboite 2000; Shih & Yang 2002; Shih *et al.* 2005)。其寄主植物廣泛，橫跨單子葉植物及雙子葉植物，已知有 10 科 31 屬 37

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2675 號。接受日期：101 年 11 月 14 日。
2. 本所應用動物組助理研究員及副研究員。台灣 台中市。
3. 國立中興大學昆蟲學系教授。台灣 台中市。
4. 國立中興大學農業生物科技中心教授。台灣 台中市。
5. 通訊作者，電子郵件：khlu@dragon.nchu.edu.tw；傳真機：(04)22875024。

種，包括經濟作物如水稻、高粱、甘蔗、甘薯等 (Shih *et al.* 2005)。嗜菊短頭脊沫蟬在中國大陸又稱為禾沫蟬，嚴重危害福建沿海的木麻黃防風林，尤其是 3 年生以下之木麻黃，嚴重時每株木麻黃上可見上千隻沫蟬 (Huang 1996)。另其在印度喜馬拉雅山地區的薰衣草種植區則會造成薰衣草 30% 的受害率 (Saini *et al.* 2011)。

沫蟬取食植物木質部汁液，目前已證實有 4 種沫蟬會傳播葡萄皮爾斯病 (Pierce's disease) (Severin 1950)，1 種沫蟬會傳播杏仁葉枯病 (almond leaf scorch) (Purcell 1980)。引發這兩種病害之病原菌為生存於木質部之 *Xylella fastidiosa*，此病原菌除引發上述葡萄及杏仁病害外，尚會引發桃樹矮化病 (phony peach disease) 及柑桔斑駁黃化病 (citrus variegated chlorosis) (Redak *et al.* 2004)。因此類病原菌寄主橫跨多種植物，再加上沫蟬之寄主植物亦廣泛，更增添沫蟬傳播病害之潛力。嗜菊短頭脊沫蟬目前尚未有相關傳病紀錄，但因其寄主植物廣泛，具有相當傳病潛力。加以在田間複雜環境下，並未見沫蟬泡沫有黴病現象，且 Maksyutova *et al.* (1999) 已證實沫蟬 *Aphrophora costalis* Matsumura 若蟲的泡沫狀分泌物中含有幾丁質酶 (chitinase) 及蛋白質酶 (protease)，具有抑制真菌生長之潛力。為更進一步進行嗜菊短頭脊沫蟬傳病潛力評估，及其泡沫狀分泌物之抑菌效益研究，本研究擬先建立其若蟲與成蟲的外部形態與發育期資料，以提供本種沫蟬鑑定及各蟲期區分所需，並記錄其取食及排泡沫液行為以供後續研究之基礎。

材料與方法

供試蟲源

由於嗜菊短頭脊沫蟬目前尚無法於實驗室中完成繼代繁殖，故本研究所需蟲源皆為 2012 年 2-5 月採自屏東縣長治鄉及麟洛鄉的

竹仔菜 (*Commelina diffusa* Burm. f.)、大花咸豐草 (*Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch.) 及銀膠菊 (*Parthenium hysterophorus* L.) 上。採得之沫蟬皆先飼養在室內插於水瓶中已發根之竹仔菜上，供下列試驗所需。

寄主植物之栽培

在溫室種植竹仔菜及大花咸豐草，每週施用一次複合肥料必達 (20N-20P-20K) (Scotts, OH, USA)。待竹仔菜生長至 20-30 cm 長，剪取末端 20 cm 攜回實驗室後插於水瓶中，待 7 天發根後，單株分置於直徑 3 cm、高 6 cm，含複合肥料必達之水瓶內，即可供飼育沫蟬若蟲，做為沫蟬外部形態觀察及發育期試驗用。

另剪取長度約 30 cm 之大花咸豐草，洗淨後放入濃度為 1 g/L 之藍色染液 (藍色 1 號，Brilliant Blue FCF) (食用級，Osaka, Japan) 中隔夜後，供沫蟬第 5 齡中期若蟲 (蛻皮後 4 日) 取食，作為沫蟬取食行為及內部組織觀察用。

竹仔菜與大花咸豐草均為嗜菊短頭脊沫蟬偏好之寄主植物 (Shih *et al.* 2005)，其中竹仔菜較易栽培，故以此飼育沫蟬若蟲；大花咸豐草則因對染液之吸收較快速，故以此作為沫蟬取食行為及內部組織觀察時所需之寄主植物。

外部形態觀察

將沫蟬若蟲置於室溫約 25°C，單隻飼養於上述單株竹仔菜上，再置於直徑 12 cm、高 25 cm 之壓克力筒內。每日觀察與記錄各齡期若蟲之形態與發育，並以立體顯微鏡 (Leica MZ16, Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) 中之測微尺，量測體長及頭寬，頭寬是指兩複眼外緣間的距離，成蟲體長則包括頭部前端至前翅末端的距離，各生長期各觀察 17-24 隻。本文所使用之成蟲與若蟲外部形態之術語參考 Shih & Yang (2007) 研究報告所述。

口器

分別將 10 隻第 5 齡若蟲，及 10 個第 5 齡若蟲羽化後的蛻置於 phosphate-buffered saline

(PBS) 緩衝液中，於立體顯微鏡下觀察並拍照，並以立體顯微鏡中之測微尺先測量口針鞘 (stylet sheath) 長度，剝離口針鞘後再測量口針束 (stylet bundle) 長度。口針鞘及口針束長度皆指其末端至體壁之距離。

內部消化道及馬氏管

將第 5 齡中期若蟲 (蛻皮後 4 日)，以毛筆移至上述瓶插於藍色染液中之大花咸豐草上，待其刺吸取食至排出藍色泡沫液後，於立體顯微鏡下解剖觀察其消化道及馬氏管，並以立體顯微鏡中之測微尺測量濾室及馬氏管導管 (Malpighian duct) 及馬氏管基部 (proximal segment) 長度。至於呈念珠狀的馬氏管後段 (distal segment) 因長度較長，故先將整段馬氏管拍照、列印後，以縫衣用之細線分別捲繞、測量馬氏管基部與後段長度，再以二者之比值，換算出馬氏管後段實際長度。

若蟲取食及排出泡沫液行為

將採自田間之沫蟬若蟲，飼養在室溫約 25°C 插於水瓶中已發根之竹仔菜上，觀察其取食行為及植株上之取食孔。另將單隻第 5 齡中期若蟲 (蛻皮後 4 日)，以毛筆移至上述含藍色染液之大花咸豐草上，待其刺吸取食至排出藍色泡沫液時，記錄其累積刺吸時間及停留在植株上之時間。隨即將其移至未含染液之大花咸豐草上，待其排出透明泡沫液，記錄其累積刺吸時間及停留在植株上之時間，最後再解剖觀察其濾室變色情形。共觀察 12 隻。

發育時間

自屏東地區採集第 1 齡及第 2 齡沫蟬若蟲，分別單隻飼養於上述單株竹仔菜上，再置於直徑 12 cm、高 25 cm 之壓克力筒內。於定溫 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相對濕度 $75 \pm 10\%$ 及光週期 12L : 12D (上午 5 點至下午 5 點間照光)。其中採自田間之第 1 齡若蟲，有 9 隻順利發育至第 2 齡，記錄其第 2 齡發育時間及其死亡率；採自田間之第 2 齡若蟲，有 25 隻順利發育至

第 3 齡，記錄其第 3–5 齡發育時間、各齡期死亡率及成蟲壽命。

統計分析

各項試驗資料利用 SPSS (Statistical Products and Services Solutions) 10.0 統計分析軟體 (SPSS 1999) 先進行變方分析，雌雄體型間再以非成對 t 檢定法測驗，若蟲取食及排出泡沫液行為試驗則以成對 t 檢定法測驗，並採 $P < 0.05$ 顯著水準比較處理間平均值之差異。

結 果

外部形態

成蟲體型及大小：紡錘形，雄蟲之頭寬及體長比為 1.0 : 2.6，雌蟲則為 1.0 : 2.7。雄蟲，體長 $6.86 \text{ mm} \pm 0.08 \text{ mm}$ ，頭寬 $2.66 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$ ($n = 24$)；雌蟲，體長 $8.07 \text{ mm} \pm 0.09 \text{ mm}$ ，頭寬 $2.97 \text{ mm} \pm 0.04 \text{ mm}$ ($n = 24$)，二者體型差異顯著，雌蟲明顯大於雄蟲 ($P < 0.05$) (表 1) (圖 1 A、B、C)。

顏色：體褐色。複眼灰褐色，單眼淡紅色。觸角暗褐色，第 3 節基部具 3 個淡褐色的錐狀感覺器。頭頂黃褐色。額背面觀呈黃褐色，其前緣邊脊兩側各具 1 個黑色斑紋；額區前面褐色，近基部之中央區域暗褐色。頰區與角片褐色。喙褐色，第 3 節端部暗褐色。前胸背板、中胸小楯片黃褐色，無斑紋。前翅黃褐色，密布網狀細褐紋，翅脈明顯。

頭部：頭部前面觀，呈菱形，寬為長的 1.1 倍；背面觀呈三角形 (圖 2A)，寬為長的 3.7 倍，頭寬與前胸背板前緣寬度略等。額區前面扁平，中央稍微凹陷，兩側具有 11 條橫向脊起。觸角 3 節，柄節、梗節短呈圓柱形，鞭節絲狀基部膨大處有 3 個毛狀的錐狀感覺器。喙達中足基部。前胸背板最寬處與中長之比為 2.6 : 1.0。

胸部：前翅紡錘形，長為寬的 2.8 倍，臀緣 (anal margin)、後緣 (posterior margin) 與前

表 1. 嗜菊短頭脊沫蟬各蟲期之體型大小
Table 1. Body size of various stages of *Poophilus costalis*

| Stage | n | Body size (mm, Mean \pm SEM) | |
|--------|----|--------------------------------|--------------------------|
| | | Head width | Body length ^y |
| Nymph | | | |
| 1st | | | |
| Late | 17 | 0.53 \pm 0.01 | 1.66 \pm 0.03 |
| 2nd | | | |
| Early | 17 | 0.73 \pm 0.01 | 1.94 \pm 0.03 |
| Late | 20 | 0.79 \pm 0.01 | 2.31 \pm 0.03 |
| 3rd | | | |
| Early | 20 | 1.10 \pm 0.01 | 2.67 \pm 0.06 |
| Late | 20 | 1.17 \pm 0.01 | 3.45 \pm 0.04 |
| 4th | | | |
| Early | 20 | 1.64 \pm 0.02 | 4.08 \pm 0.07 |
| Late | 20 | 1.73 \pm 0.02 | 5.18 \pm 0.08 |
| 5th | | | |
| Early | 20 | 2.43 \pm 0.03 | 6.02 \pm 0.09 |
| Late | 20 | 2.48 \pm 0.03 | 7.51 \pm 0.10 |
| Adult | | | |
| Female | 24 | 2.97 \pm 0.04 a ^z | 8.01 \pm 0.09 a |
| Male | 24 | 2.66 \pm 0.02 b | 6.86 \pm 0.08 b |

^z Means of body size followed by the different letters are significantly different between sexes at $P < 0.01$ by t test.

^y Body length is from the front of the head to the end of the fore wing.

翅之長度比為 1.0 : 2.6 : 3.4。後翅 (圖 2B) 具 4 個端室 (apical cell)，第 1 端室長度為第 3 端室之 1.4 倍，第 2 端室長度為第 4 端室長之 1.2 倍。後翅前緣近基部之後翅聯繫結構為三角形，其近翅基端部有 6 個釘狀突起。中足基節突起 (meracanthus) 為三角薄片形 (圖 2C)。

雄蟲性器：第 9 腹節即為尾節 (pygofer) 側面觀近長方形 (圖 2D)，其寬為長的 1.5 倍；基部邊緣於腹緣處稍向後突；尾節背方突起小，與尾節端部邊緣幾乎無界限；尾節腹緣突起發達，其端部朝上，末端細。兩尾節腹緣突起的基部之間向下深裂 (圖 2E)，幾達尾節基部，腹面觀呈卵形，兩側端部向前突出。腹部第 10 節為長圓柱形，腹部第 11 節背板 (XI_t) 為圓柱形，腹板 (XI_s) 長橢圓形 (圖

2D)。陽莖 (aedeagus) (圖 2F)，基部腹面邊緣稍呈拱形，基部寬，至端部稍窄，末端具有 1 條針狀突起，指向陽莖腹面，且末端幾達陽莖基部。性側附器 (genital style) (圖 2G) 基部窄，棒形，至端部漸寬，略呈長方形，末端稍向外開闊，薄而分叉。

卵：解剖自田間採回之雌成蟲，可見腹部內之成熟卵呈長橢圓形、乳白色 (圖 1D)，長軸 1.59 mm \pm 0.01 mm，短軸 0.37 mm \pm 0.00 mm ($n = 20$)。

若蟲：共有 5 個齡期，其第 1–5 齡若蟲之平均頭寬依序各為 0.53、0.73–0.79、1.10–1.17、1.64–1.73 及 2.43–2.48 mm，平均體長各為 1.66、1.94–2.31、2.67–3.45、4.08–5.18 及 6.02–7.51 mm (表 1)。其中同齡期若蟲齡期初始及末期的頭寬變化不大，體長變化則較大，故可以頭寬作為若蟲齡期判斷之依據。若蟲頭部背面可見膨大的額區 (frons)，額區與頭頂間的額縫隨齡期增長漸明顯；觸角鞭狀、深褐色，包括柄節、梗節及 7 節鞭節，觸角長度隨齡期增長而變長。頭部至腹部各體節背面，具明顯之中央背線，第 1–3 齡若蟲各腹節中央背線下方可見明顯之心臟搏動，可見腹節有 9 節。

第一齡若蟲 (圖 1E)：體背面之中央背線黃褐色。頭部褐色，複眼暗紅色。前胸背板長方形，前緣具褐色的橫向斑紋，中央至後緣區域則為淡褐色；前胸背板與中胸背板之中央縱長比例約為 2 : 1；中胸背板及後胸背板暗褐色、翅芽不發達；頭胸部較其他齡期扁。腹部淡褐色。

第二齡若蟲 (圖 1F)：體背面之中央背線黃褐色。頭部暗褐色，複眼暗紅色。前胸背板乳白色，具暗褐色近 M 形的不規則橫向斑紋；前胸背板與中胸背板之中央縱長比例約為 2 : 1；中胸背板及後胸背板暗褐色、翅芽不發達。腹部淡灰色。

第三齡若蟲 (圖 1G)：體背面之中央背線乳白色。頭部暗褐色，頭頂與額區交接處的兩側，各具 1 個乳白色叉狀斑紋，複眼灰色。前胸背板乳白色，具暗褐色的不規則橫向斑紋；前胸背板與中胸背板之中央縱長比例約為 2：1；中胸背板及後胸背板暗褐色；中胸背板及後胸背板暗褐色，翅芽不發達。腹部淡灰色。

第四齡若蟲 (圖 1H)：體背面之中央背線乳白色。頭部暗褐色，頭頂前緣具乳白色橫向斑紋，往前延伸至額區。前胸背板乳白色，中央區域具暗褐色橫向斑紋；前胸背板與中胸背

板之中央縱長比例約為 1.5：1.0；中胸背板及後胸背板暗褐色，中胸背板左右各具 1 個白色斑紋；中胸背板兩側後緣向外側擴張延伸，呈尖銳形的前翅翅芽；後胸背板後緣中央平整，兩側後緣向外側擴張，形成後翅翅芽。腹部淡灰色。

第五齡若蟲 (圖 1I)：體背面之中央背線乳白色。頭部乳白色，額區前緣具黑色橫向斑紋，頭部後緣具黑色橫向斑紋，中央區域具 2 個黑色斑紋。前胸背板乳白色，中央區域具暗褐色橫向斑紋；前胸背板與中胸背板之中央縱

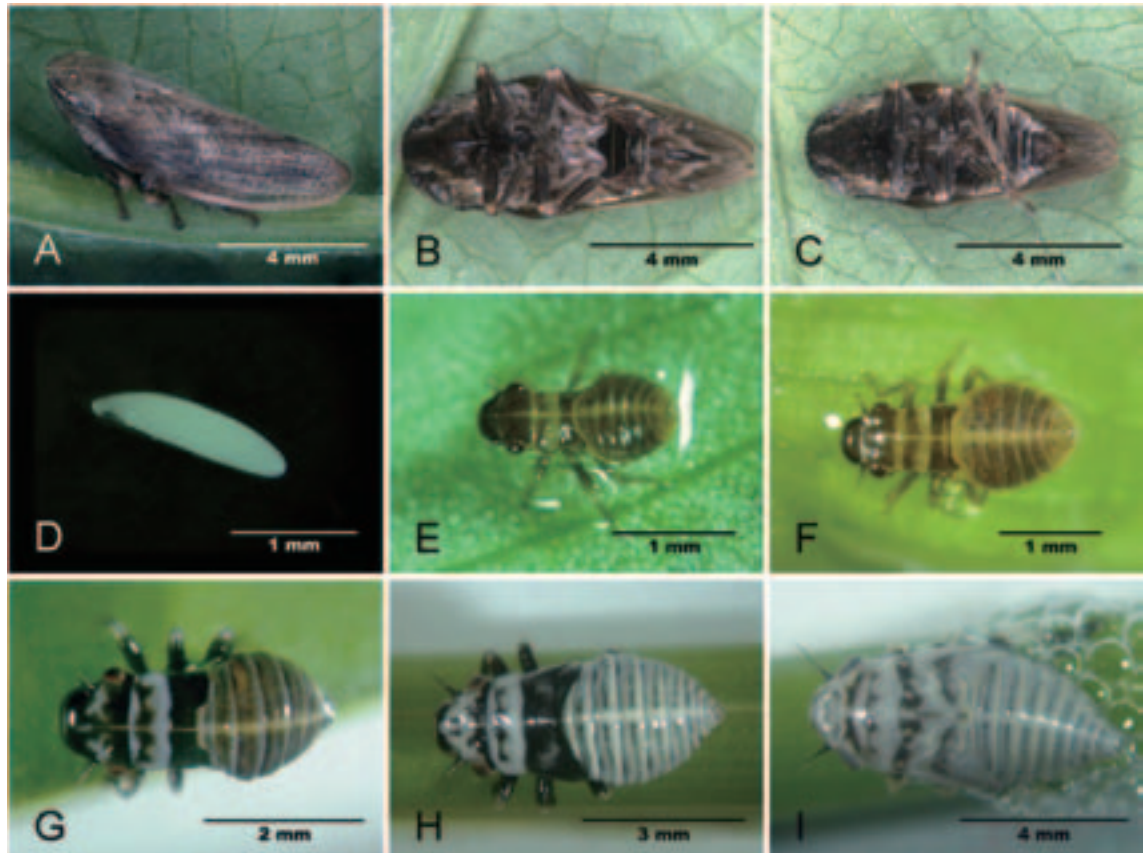


圖 1. 嗜菊短頭脊沫蟬各發育期形態。(A) 成蟲側面；(B) 雌成蟲腹面；(C) 雄成蟲腹面；(D) 卵；(E) 第 1 齡若蟲；(F) 第 2 齡若蟲；(G) 第 3 齡若蟲；(H) 第 4 齡若蟲；(I) 第 5 齡若蟲。

Fig. 1. Morphology of different developmental stages of *Poophilus costalis*. (A) adult, lateral view; (B) female adult, ventral view; (C) male adult, ventral view; (D) egg; (E) 1st instar nymph; (F) 2nd instar nymph; (G) 3rd instar nymph; (H) 4th instar nymph; (I) 5th instar nymph.

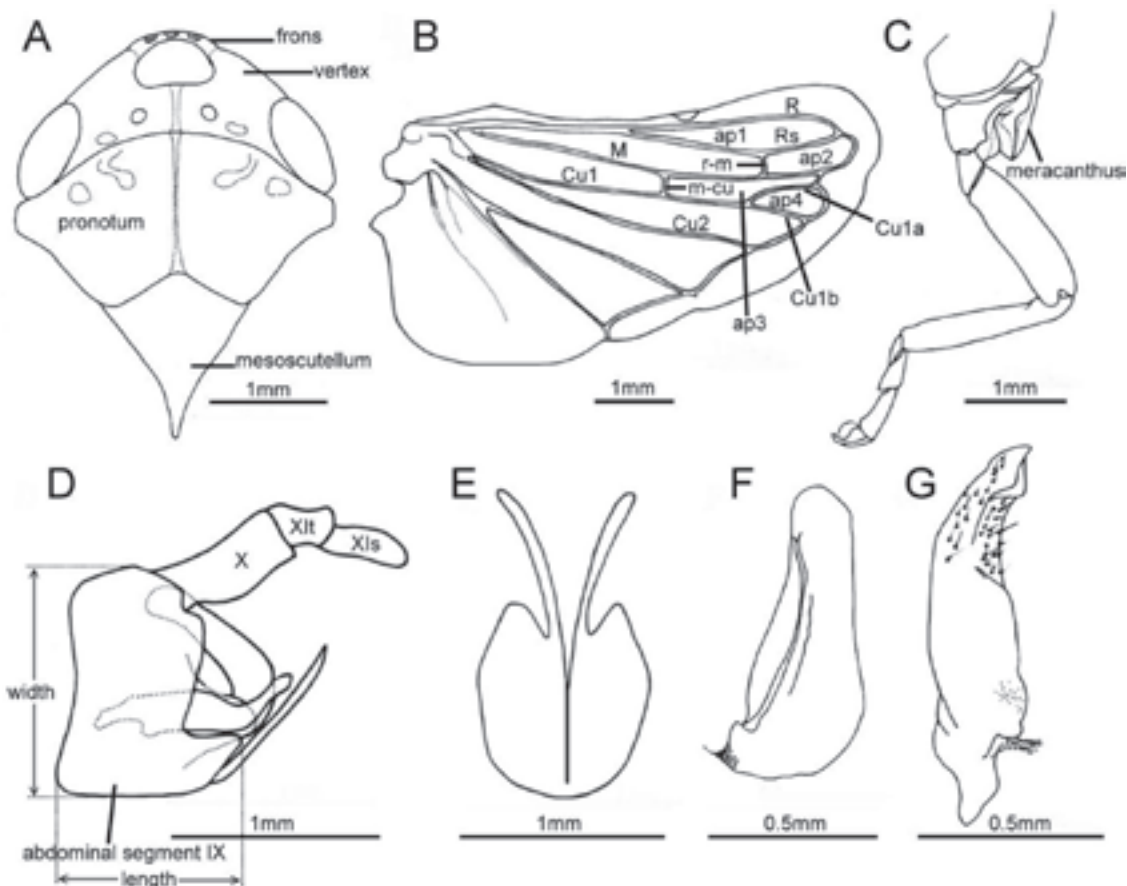


圖 2. 嗜菊短頭脊沫蟬雄成蟲外部形態。(A) 頭、前胸背板、中胸背板背面；(B) 後翅；(C) 左中足；(D) 第 9-11 腹節側面；(E) 第 9 腹節 (尾節) 腹面；(F) 陽莖；(G) 性側附器。

Fig. 2. Morphology of male *Poophilus costalis*. (A) head, pronotum, and mesoscutellum, dorsal view; (B) hindwing; (C) meracanthus of left midleg; (D) abdominal segments IX–XI, lateral view; (E) abdominal segment IX (pygofer), ventral view; (F) aedeagus, lateral view; (G) right genital style. ap, apical cell.

長比例約為 1 : 1；中胸背板及後胸背板淡褐色；中胸背板後緣中央向後凸出、端部圓鈍，兩側後緣向外側擴張，形成端部圓鈍的前翅翅芽，覆蓋於後翅翅芽之上；後胸背板後緣中央平整，兩側後緣區域呈扇形、端部向後延伸至可見腹節第 3 節的末端。腹部各節背板後緣，皆有橫向的淡褐色斑紋。第五齡若蟲自初期至末期的發育過程，中胸背板及後胸背板漸呈乳白色，中胸背板中央後緣明顯凸出，已具成蟲中胸小盾板的雛型；腹部各節背板後緣，皆有

橫向的淡褐色斑紋。

口器

沫蟬第 5 齡若蟲蛻皮後，其蛻可見明顯之口針鞘 (stylet sheath) 及口針束 (stylet bundle) (圖 3A)，口針鞘 3 節、深棕色，末端有剛毛排列。口針鞘上方有一溝縫其內包裹口針束，口針束由 1 對大顎 (mandibles) 及 1 對小顎 (maxillae) 特化成 4 根長針所組成，基部著生於體壁內，大顎針及小顎針組成口針束後穿出體表，大顎針在外，尖端具齒狀突起 (圖

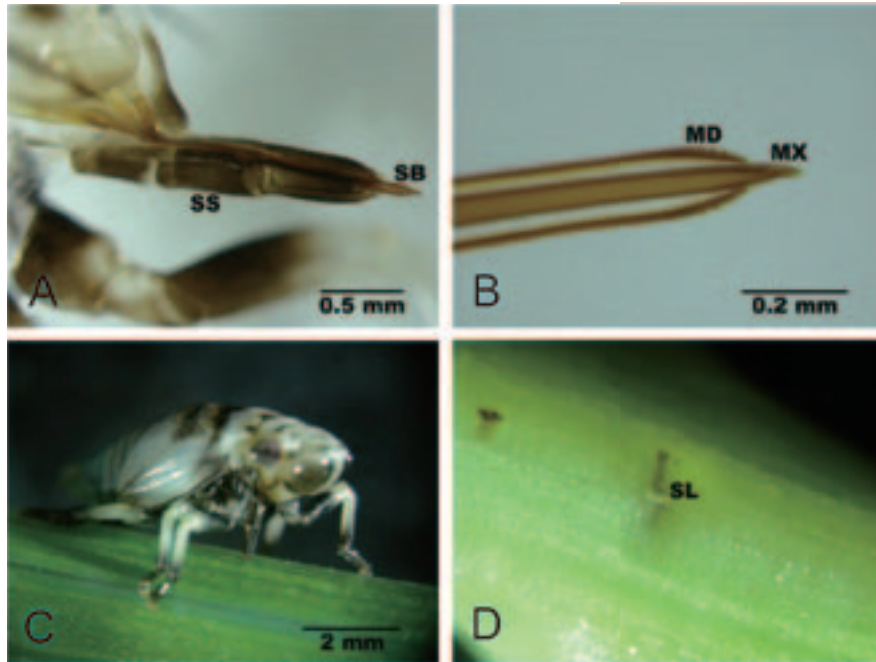


圖 3. 嗜菊短頭脊沫蟬第 5 齡若蟲之口器。(A) 口針鞘及口針束；(B) 大顎針及小顎針前端；(C) 取食；(D) 取食竹子菜後留下之唾液鞘。

Fig. 3. Mouthparts of the 5th instar nymph of *Poophilus costalis*. (A) stylet sheath (SS) and stylet bundle (SB); (B) tip of mandibular stylet (MD) and maxillary stylet (MX); (C) feeding; (D) salivary sheath (SL) remained in *Commelina diffusa* Burm. f. at each feeding site.

3B)；小顎針在內，末端突出於大顎針之外，左右相扣形成食管及唾液管。直接觀察沫蟬第 5 齡若蟲口器，其結果同其蛻，口針鞘及口針束長度則分別為 $1.64 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$ 及 $1.48 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ($n = 10$)。

內部消化道及馬氏管

沫蟬第 5 齡若蟲吸食未含有染劑之大花咸豐草汁液所排出之泡沫液為透明狀 (圖 4A)；吸食含有藍色 1 號染劑之大花咸豐草汁液後，待排出藍色泡沫液 (圖 4B) 即行解剖，此時可見其前腸、中腸、濾室及後腸皆呈藍色，4 條馬氏管則未見變色 (圖 4C)，證實食物液流不會直接進入馬氏管。食道 (esophagus) 屬於前腸，中腸緊鄰食道處膨大成濾室 (filter chamber) (圖 4D)，濾室後方可見一囊狀膨大

中腸，此濾室及囊狀中腸部分亦合稱為前段中腸 (anterior midgut)，之後的管狀中腸則稱為後段中腸 (posterior midgut) (圖 4C)。濾室內可見後段中腸由濾室下端穿入，往前迴旋整齊排列，最後再沿著濾室在馬氏管進入濾室處上方穿出濾室，接上後腸 (圖 4D)。後腸初解剖時顏色較深，隨著時間越久，染劑溶液慢慢由肛門滲出，顏色越來越淡。馬氏管穿出濾室後可分為三部分，穿出濾室較細窄處，稱為馬氏管導管 (Malpighian duct)，緊接著為外觀平滑的馬氏管基部 (proximal segment)，最後則為呈念珠狀之馬氏管後段 (distal segment)，三者長度各為 $0.51 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$ 、 $1.92 \text{ mm} \pm 0.04 \text{ mm}$ 及 $11.27 \text{ mm} \pm 0.34 \text{ mm}$ ($n = 20$)，長度比約為 1.0 : 3.8 : 22.1，馬氏管外圍則常附有微氣管

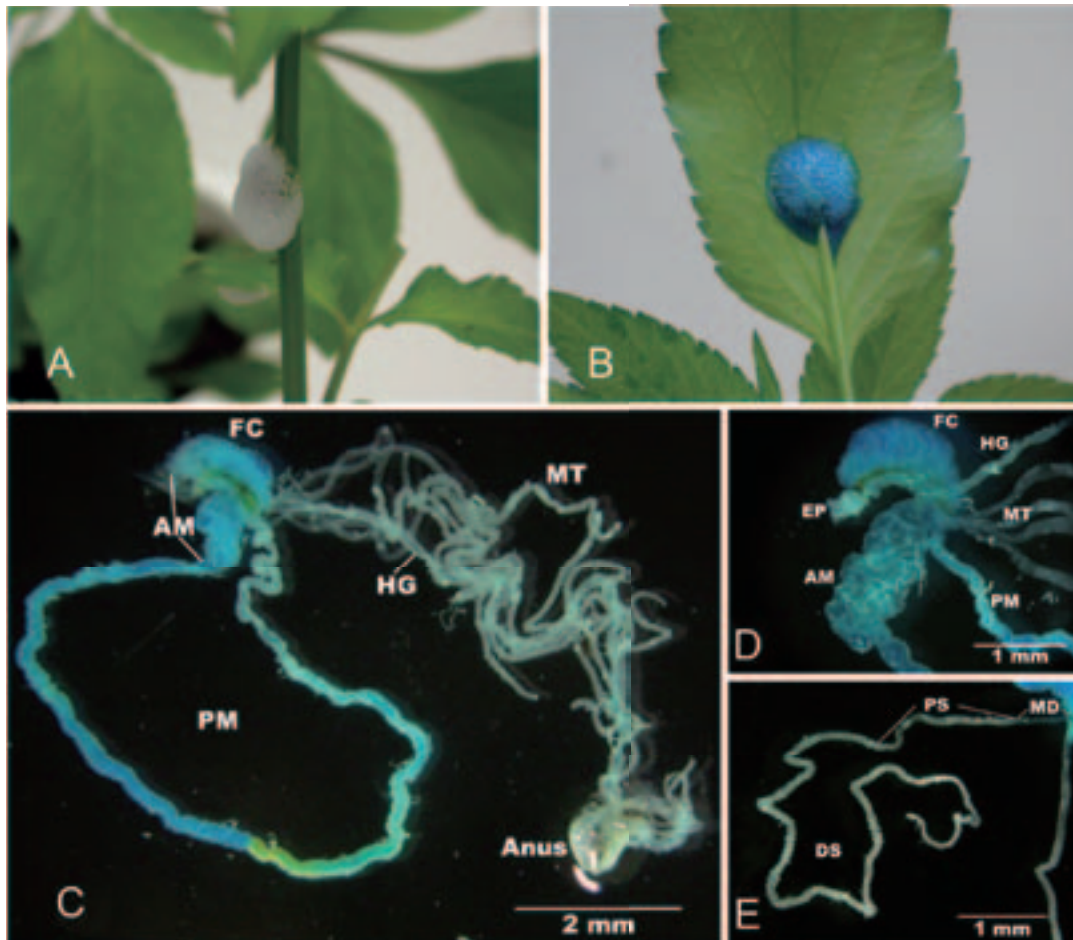


圖 4. 嗜菊短頭脊沫蟬第 5 齡若蟲取食含 Brilliant blue FCF 染液之大花咸豐草後之泡沫液 (B)、消化管及馬氏管 (C)、濾室 (D) 及馬氏管 (E)。取食含染液之植物汁液前之泡沫液 (A) 與取食後 (B) 之泡沫液顏色不同。

Fig. 4. Froth (B), gut complex (C), filter chamber (D) and Malpighian tubule (E) of 5th instar nymph of *Poophilus costalis* feeding on *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. dipped in Brilliant Blue FCF stain solution. Note difference in color of froth before (A) and after (B) feeding on the plant dipped in stain solution. EP, esophagus; FC, filter chamber; AM, anterior midgut; PM, posterior midgut; HG, hindgut; MT, Malpighian tubule; MD, Malpighian duct; PS, proximal segment of Malpighian tubule; DS, distal segment of Malpighian tubule.

(圖 4E)。

若蟲取食及排出泡沫液行為

沫蟬第 5 齡若蟲取食時以口針鞘抵在植物表面，口針鞘末端密生之剛毛 (圖 3A) 應有協助固定口針鞘之用，再伸出其內之口針刺穿植物表皮取食 (圖 3C)。取食結束抽出口針，可在植株上留下明顯之唾液鞘 (salivary sheath) 痕

跡 (圖 3D)。初齡若蟲偏好在植株頂端莖部取食，隨齡期變大，漸次往下移動，至末齡若蟲時多在植株下端莖基部取食。

另將大花咸豐草瓶插於藍色 1 號染液中隔夜後，供沫蟬 5 齡中期若蟲刺吸取食。可見若蟲由肛門排出液體後，隨即朝上舉起第 9 腹節，再伸入液體中，並藉由腹節的前後伸

縮、左右擺動逐一形成氣泡，最後讓泡沫液裹附全身。沫蟬在含染劑植株上累計刺吸時間 14.01 ± 1.08 分鐘、總停留 19.54 ± 1.89 分鐘後開始排出藍色液體；將此沫蟬移至未含染劑植株供其取食，改排出透明液體所需之刺吸及停留時間分別明顯縮短至 10.95 ± 0.79 分鐘及 12.32 ± 1.29 分鐘 ($n = 12$) ($P < 0.05$) (表 2)。

發育時間

因嗜菊短頭脊沫蟬目前在室內還無法繼代飼養，故直接自田間採集若蟲回室內 25°C 定溫下觀察其發育期。其中第 1 齡若蟲因體型微小只有 0.5 mm ，於田間不易發現，採得 10 隻攜回室內在定溫下 1–4 日後只有 9 隻陸續蛻皮至第 2 齡，持續觀察可知其第 2 齡發育日數為 4.0 ± 0.4 日，第 2 齡之死亡率為 11.1%。第 2 齡若蟲因體型稍大有 0.75 mm ，且分泌的泡沫液較多，於田間較易發現，採得 30 隻，其中 25 隻蛻皮至第 3 齡，其第 3 齡–第 5 齡之死亡率分別為 12.0%、9.1%、20.0%，發育日數分別為 4.0 ± 0.2 日、 4.8 ± 0.2 日及 8.9 ± 0.4 日 (表 3)。雌成蟲壽命 $9.4\text{ 日} \pm 0.6\text{ 日}$ ($n = 7$)，雄成蟲壽命 $6.8\text{ 日} \pm 1.0\text{ 日}$ ($n = 9$)。

討 論

由此試驗得知嗜菊短頭脊沫蟬若蟲共有 5 個齡期，若蟲第 2–4 齡期內的頭寬變化在 $0.04\text{--}0.09\text{ mm}$ 間，各齡期內初蛻皮頭寬在生長至後期近蛻皮時變化不大，在蛻皮進入下一齡

期後之頭寬則明顯增加，且各齡期頭寬之增加呈一定比率，符合 Dyar's Law (Dyar 1890)，故可以頭寬準確判斷此沫蟬之若蟲齡期。

沫蟬若蟲排出泡沫液的泡沫形成原因可能為馬氏管基部 (proximal segment) 平滑區域所分泌的黏多醣類物質 (mucopolysaccharide) (Marshall 1966)。嗜菊短頭脊沫蟬若蟲吸食植物汁液，排出之泡沫液亦有黏稠感，解剖觀察其馬氏管，截斷馬氏管基部時會流出黏液，截斷呈念珠狀的馬氏管後段則無黏液產生，故推論此沫蟬之泡沫形成原因亦可能為馬氏管基部分泌之黏液使然。

另觀察此沫蟬若蟲之口器，可見其口針鞘末端有剛毛排列，應有協助口針鞘固定於植物組織之用。待其取食後抽出口針，可在植物組織上觀察到明顯之唾液鞘痕跡，此為唾液管流出之唾液硬化形成。黃頭長沫蟬 (*Philaenus spumarius* Linnaeus) 若蟲取食時亦有相同狀況，在其口針束刺入植物組織內後，隨即由其小顎針相扣形成之唾液管流出液體、硬化，在口針束及植物細胞間形成唾液鞘 (Crews *et al.* 1998)。

為能明顯目視觀察沫蟬若蟲取食後至排出液體所需時間，本試驗採用藍色 1 號染液瓶插大花咸豐草以供沫蟬取食。藍色 1 號 (Brilliant Blue FCF) 為水溶性染劑，可分為工業級及食用級，食用級需含 85% 以上有效染色成分。此染劑已知對陸生動物屬低毒性，對小

表 2. 染劑藍色 1 號對嗜菊短頭脊沫蟬第 5 齡若蟲在大花咸豐草汁液流經整個消化管所需之停留及取食時間之影響

Table 2. The effect of Brilliant Blue FCF on retention and feeding period of 5th instar nymph of *Poophilus costalis* on *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. after the the fluid passed through the whole alimentary canal

| Treatment | n | Retention time (min) | | Feeding time (min) | |
|-------------------|----|-----------------------------|--|---------------------------|--|
| | | Mean \pm SEM | | Mean \pm SEM | |
| Plant with dye | 12 | $19.54 \pm 1.89\text{ a}^z$ | | $14.01 \pm 1.08\text{ a}$ | |
| Plant without dye | 12 | $12.32 \pm 1.29\text{ b}$ | | $10.95 \pm 0.79\text{ b}$ | |

^z Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by *t* test.

表 3. 嗜菊短頭脊沫蟬若蟲各時期發育日數與死亡率
Table 3. Duration and mortality of the nymphal stage of *Poophilus costalis*^z

| Instar | Duration (days) | | Mortality (%) |
|--------|-----------------|--------------|---------------|
| | <i>n</i> | (Mean ± SEM) | |
| 2nd | 8 | 4.0 ± 0.4 | 11.1 |
| 3rd | 22 | 4.0 ± 0.2 | 12.0 |
| 4th | 20 | 4.8 ± 0.2 | 9.1 |
| 5th | 16 | 8.9 ± 0.4 | 20.0 |

^z The experiment was conducted at 25 ± 1°C, 75 ± 10% RH, and a photoperiod of 12L : 12D.

鼠 (mice) 的半數致死劑量為每公斤體重 4.6 g (Federal Register 1988)；而水生動物魚類接觸此染劑 2 日的半數致死濃度則為 0.1 g/L (Yasuhiro 1984)，因此染劑對生物毒性低，故常應用於食品中作為染色劑。更因此染劑的辛醇-水分布係數 (octanol-water partition coefficient) 小，pH 5.7 時 $K_{ow} < 10^{-4}$ ，相對較溶於水，2–60°C 時在水中的溶解度可至 200 g/L，所以亦常用於土壤溢流方向的追蹤，在其濃度為 3–5 g/L 時，即可於土壤中清楚辨識 (Flury & Flühler 1994)。為能明顯目視沫蟬排出藍色液體的時間點，故本試驗採用藍色 1 號 1 g/L 的濃度瓶插大花咸豐草。但此染劑因會吸收紅光、影響光合作用而具植物毒性，水生植物接觸 30 日後的死亡率為 98% (Tonogai *et al.* 1980)。故用於本試驗中之大花咸豐草瓶插於染劑中僅隔夜，整個接觸染劑時間不超過 24 小時，雖然整株植株已呈現明顯藍色，但尚未出現植株萎凋、衰弱情形，此時接上沫蟬進行取食試驗，應不至因膨壓影響沫蟬取食。但實際觀察到沫蟬在含染劑植株上累計刺吸至排出藍色液體之時間 (14.01 分鐘)，明顯較將此排出藍色液體之沫蟬改移至正常植株上，累計刺吸至排出透明液體之時間 (10.95 分鐘) 長。出現此取食速度明顯被干擾的狀況，推測可能是因染劑存在的原因。因此將已排出藍色液體的沫蟬移到未含染劑植株後，呈現的取食行為

應較能代表沫蟬的正常的取食行為。即沫蟬第 5 齡中期若蟲 (蛻皮後 4 日) 刺吸植物汁液流經身體消化道至排出體外的時間應為 10.95 分鐘。

嗜菊短頭脊沫蟬目前仍無法於室內繼代繁殖。作者陸續自野外採回嗜菊短頭脊沫蟬成蟲 50 隻，在溫室 16–36°C 中同時供應大花咸豐草、竹仔菜、薄荷盆栽，待成蟲死亡後，解剖所有雌蟲腹部，有些尚可見成熟卵，但皆未見下一代若蟲出現。另自野外採回嗜菊短頭脊沫蟬第 2–5 齡若蟲 200 隻，其中一半飼養於瓶插水中的竹仔菜上，僅約有 10% 羽化為成蟲。另一半飼養於瓶插於含複合肥料必達的竹仔菜上，則有 80–90% 羽化為成蟲，繼之將雌、雄蟲混養於室內 25°C 定溫，或溫室變溫環境中，同時供應大花咸豐草、竹仔菜與薄荷盆栽，皆未見產卵情形。解剖所有雌蟲腹部，皆未見成熟卵，顯然卵並未順利發育。推論其原因，可能是卵發育所需之營養不足；而營養不足的原因除了可能是寄主植物所含的營養成分不適外，亦有可能是若蟲吸取的植物汁液量不足。

已知同為木質部取食者的褐透翅尖頭大葉蟬 [*Homalodisca vitripennis* (Germar)]，適合其若蟲期及成蟲期取食的寄主植物不同 (Brodbeck *et al.* 1995)；而且寄主植物施用不同類型肥料，亦會影響其若蟲存活率、成蟲性比及成蟲重量 (Brodbeck *et al.* 1999)。此外，隨寄主植物木質部膨壓降低，其取食率亦會隨之以指數速度快速降低，並在低於 2.1 MPa 時停止取食 (Andersen *et al.* 1992)。所以日後為能順利於實驗室中繼代繁殖嗜菊短頭脊沫蟬，或可將自田間採回之若蟲直接飼養於混有多種植物之蟲箱內，適量施肥，且充足供應植物水分，成蟲亦同樣供應多種植物以供取食及產卵。至於要混合那些植物種類，施用何種肥料，則有待進一步的研究探討。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會 100 農科-9.2.1-農-C7 計畫經費補助。試驗期間承朱雅琳小姐、楊侑蓁小姐協助養蟲及相關試驗執行，謹此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

- Ajayi, O. and F. A. Oboite. 2000. Importance of spittle bugs, *Locris rubens* (Erichson) and *Poophilus costalis* (Walker) on sorghum in West and Central Africa, with emphasis on Nigeria. *Ann. Appl. Biol.* 136:9–14.
- Andersen, P. C., B. V. Brodbeck, and R. F. Mizell. 1992. Feeding by the leafhopper *Homalodisca coagulata* in relation to xylem fluid chemistry and tension. *J. Insect Physiol.* 38:611–622.
- Brodbeck, B. V., P. C. Andersen, and R. F. Mizell. 1995. Differential utilization of nutrients during development by the xylophagous leafhopper, *Homalodisca coagulata*. *Entomol. Exp. Appl.* 75:279–289.
- Brodbeck, B. V., P. C. Andersen, and R. F. Mizell. 1999. Effects of total dietary nitrogen and nitrogen form on the development of xylophagous leafhoppers. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 42:37–50.
- Crews, L. J., M. E. McCully, M. J. Canny, C. X. Huang, and L. E. C. Ling. 1998. Xylem feeding by spittlebug nymphs: some observations by optical and cryo-scanning electron microscopy. *Am. J. Bot.* 85:449–460.
- Dyar, H. G. 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche* 5:420–422.
- Federal Register. 1988. Acid Blue 9. Toxic chemical release reporting, community right-to-know. *Fed. Regist.* 53:12035–12037.
- Flury, M. and H. Flüher. 1994. Brilliant Blue FCF as a dye tracer for solute transport studies- a toxicological overview. *J. Environ. Qual.* 23:1108–1112.
- Huang, H. 1996. Study on the biology of *Poophilus costalis*. *For. Pest Dis.* 3:27–29. (in Chinese)
- Maksyutova, N. N., I. A. Tarchevsky, D. V. Yusupova, E. L. Gvozdeva, T. A. Valueva, and V. G. Yakovleva. 1999. Enzymatic activity of aphroproteins. *Biochemistry* 64:780–782.
- Marshall, A. T. 1966. Spittle-production and tube-building by cercopid larvae (Homoptera)-IV. Mucopolysaccharide associated with spittle-production. *J. Insect Physiol.* 12:635–644.
- Purcell, A. H. 1980. Almond leaf scorch: leafhopper and spittlebug vectors. *J. Econ. Entomol.* 73:834–838.
- Redak, R. A., A. H. Purcell, J. R. Lopes, M. J. Blua, R. F. Mizell, and P. C. Andersen. 2004. The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. *Annu. Rev. Entomol.* 49:243–270.
- Saini, M. S., R. Nakeer, and A. Irfan. 2011. *Poophilus costalis* Walker (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae): a possible constraint to commercial exploitation of *Lavendula angustifolia* Mill in Kashmir Himalaya with affinity for C3 photosynthetic plants. *J. Med. Plant. Res.* 5:2278–2282.
- Severin, H. H. P. 1950. Spittle-insect vectors of pierce's disease virus. II. Life history and virus transmission. *Hilgardia* 19:357–382.
- Shih, H. and J. T. Yang. 2002. Three new records of Aphrophoridae (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cercopoidea) from the Kinmen Islands (Taiwan). *Polish J. Entomol.* 71:91–100.
- Shih, H. T. and J. T. Yang. 2007. Revision of the genus *Ariptyelus* Matsumura (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae). *Zootaxa* 1592:57–68.
- Shih, H. T., H. C. Tsay, and J. T. Yang. 2005. Notes on the geographic distribution and host plants for *Poophilus costalis* (Walker, 1851) (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae). *Plant Prot. Bull.* 47:171–178. (in Chinese with English abstract)
- SPSS. 1999. SPSS Base 10.0 for User's Guide. SPSS Inc., Chicago. 537 pp.
- Tonogai, Y., Y. Ito, M. Iwaida, M. Tati, Y. Ose, and M. Hori. 1980. Studies on the toxicity of coal-tar dyes. III. Reason of acute toxicity to fish caused by coal-tar dyes and their industrial effluents. *J. Toxicol. Sci.* 5:23–33.
- Yasuhiro, N. 1984. Toxicity of agrochemicals to freshwater organisms. *CV Dyes. Suisan Zoshoku* 32: 173–175. (in Japanese)

Morphology, Feeding and Development of the Spittlebug *Poophilus costalis* (Walker, 1851) (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae)¹

Shu-Chen Chang², Hsien-Tzung Shih², and Kuang-Hui Lu^{3,4,5}

Abstract

Chang, S. C., H. T. Shih, and K. H. Lu. 2011. Morphology, feeding and development of the spittlebug *Poophilus costalis* (Walker, 1851) (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae). J. Taiwan Agric. Res. 61:343–354.

The xylophagous spittlebug *Poophilus costalis* (Walker, 1851) has a wide variety of host plants. This study was conducted to investigate the morphology and development of the spittlebug using *Commelina diffusa* Burm. f. as the host plant. The average head widths of the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th instar nymph were 0.53, 0.73, 1.10, 1.64 and 2.43 mm, respectively; and the average body length of these nymphs were 1.66, 1.94, 2.67, 4.08 and 6.02 mm, respectively. At 25 °C, the average durations for the development of the 2nd, 3rd, 4th and 5th instar nymph were 4.0, 4.0, 4.8 and 8.9 days, respectively. While feeding, the nymph fixed its stylet sheath on the surface of the host plant and then inserted the stylet bundle through the epidermis to feed on plant sap. The lengths of the stylet sheath and stylet bundle were 1.64 and 1.48 mm, respectively. Color of the extruded froth of the 5th instar nymph was blue after 14 minutes of feeding on *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. dipped in Brilliant Blue FCF stain solution. Results of cytological studies showed that, while the esophagus, filter chamber, midgut and hindgut of the nymph were stained blue, the four Malpighian tubules remained unstained, revealing that the food fluid did not flow directly through these tubules. The posterior midgut was shown to enter the lower end of the filter chamber, run anteriorly and convolutedly up the chamber, and then turned around all the way down to the lower end of the filter chamber, piercing the chamber just above the entrance of Malpighian tubules. As this spittlebug has a considerable potential to spread diseases to a variety of host plants, results of this study are useful in future investigations of vector-pathogen relationships.

Key words: *Poophilus costalis*, Spittlebug, Xylem-feeding insects, Morphology, Development time.

-
1. Contribution No. 2675 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: November 14, 2012.
 2. Respectively, Assistant Researcher and Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Council of Agriculture, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Professor, Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Professor, Agriculture Biotechnology Center, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
 5. Corresponding author, e-mail: khlu@dragon.nchu.edu.tw, Fax: (04)22875024.