

台灣首次分離的異小桿線蟲—短尾異小桿線蟲

謝奉家^{1,2} 曾巧燕¹ 高穗生^{1*}

1. 台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 生物藥劑組
2. 台中市 國立中興大學生物科技學研究所

(接受日期: 2005 年 5 月 31 日)

謝奉家、曾巧燕、高穗生* 2005 台灣首次分離的異小桿線蟲—短尾異小桿線蟲
植保會刊 47: 263 – 271

由於農藥污染與害蟲抗藥性日益嚴重，昆蟲病原線蟲為符合害蟲綜合防治 (Integrated Pest Management, IPM) 且具有潛力的生物防治方法之一，目前世界上仍有不少國家進行線蟲生物殺蟲劑的研究與應用⁽²³⁾。斯氏線蟲科 (Steinernernatiac) 和異小桿線蟲科 (Heterorhabditidae) 在分類上屬於小桿目 (Rhabditida)，這兩科線蟲均可寄生昆蟲，侵染期幼蟲腸道攜帶有共生細菌。光桿菌 (*Photorhabdus* spp.) 與異小桿線蟲共生，而異桿菌 (*Xenorhabdus* spp.) 則是與斯氏線蟲共生。斯氏線蟲和異小桿線蟲的生活史分為寄生期及自由生活期。寄生時期共生菌隨著線蟲的侵染過程而進入寄主昆蟲的血腔 (haemocoel)，並在血腔中大量繁殖後，分泌多種代謝產物，於 24 至 48 小時之內即能殺死寄主，當營養耗盡時線蟲再離開寄主，進入自由生活期，此時的線蟲齡期為第 3 齡期稱為侵染期幼蟲 (infective juveniles, IJ)，具高致病力，不取食，兼具寄生性、捕食性及病原微生物等 3 大類天敵的特性。它們的寄主範圍廣，對哺乳動物、植物及其他非標的生物無毒性，產品在美國註冊時並不需做毒理測試。又可和許多的化學藥劑混合，可說擁有其他生物防治因子所缺乏的特點^(13, 14)。

台灣對於斯氏線蟲的研究⁽⁶⁾始於 1970 年代，台灣大學朱耀沂教授曾針對斯氏線蟲 DD-136 的飼養條件及田間應用情形作探討⁽²⁾；1980 至 1990 年代，中央研究院吳輝榮博士進行白蟻及白粉蝶的致病性探討⁽³⁰⁾，中興大學侯豐男教授針對劑型 (膏劑、液劑及膠囊)、大量飼養的條件、飼料的改進 (植物性或動物性)、生理 (酸鹼度、溫濕度的效應) 及應用性 (如斜紋夜盜、甜菜夜蛾、小菜蛾、玉米螟蛾等致病性) 進行研究^(4, 5, 9, 10)；嘉義大學蕭文鳳教授曾進行田間試驗，評估防治十字花科害蟲的可能性 (未發表)；生技中心朱亮光博士曾致力篩選合適的本地品系 (未發表)；台糖公司王次男研究員嘗試以甘蔗加工後的副產品來大量繁殖線蟲⁽¹⁾。2000 年代，中興大學侯豐男教授與唐立正博士採集

* 通訊作者。E-mail: yhl@tactri.gov.tw

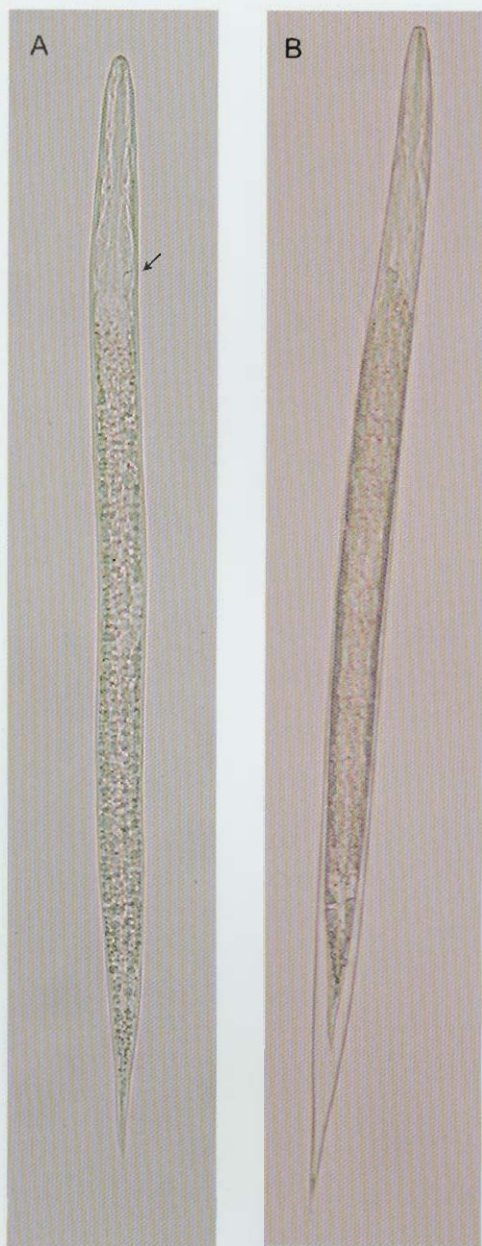
台灣斯氏線蟲與其共生菌並評估線蟲對斜紋夜蛾與亞洲玉米螟的殺蟲效力^(3, 8)。以上都是針對斯氏線蟲進行的研究，目前為止，在台灣尚未有文獻報告發現本土異小桿線蟲，但在澳洲、德國、荷蘭、芬蘭、瑞士、愛爾蘭、印度、西班牙、葡萄牙、阿根廷、義大利、以色列、美國、加拿大、土耳其與中國大陸等地已陸續發現當地的異小桿線蟲^(21, 28)。本文為分離台灣本土異小桿線蟲的首例報告。

昆蟲病原線蟲早期的分類是以線蟲的形態(尤以侵染期幼蟲)為基礎。1970年, Turco⁽²⁹⁾提出以雄蟲的交接刺(spicule)和副刺形態特徵作為分類的依據, 但是由於營養、培養溫度、侵染期幼蟲與寄主取得時間的不同等諸多因素, 即使同一種的不同品系或個體這些特徵也可能產生較大的差異。1989年, 第1屆國際昆蟲病原線蟲學術討論會在美國召開, 主要利用形態學為基礎來描述線蟲。直到1995年第2屆國際昆蟲病原線蟲學術討論會舉辦, 澱粉電泳和特異酵素的染色、DNA限制長度的多形性、雜交繁殖、PCR方法等分子生物學⁽⁷⁾已經逐步應用於昆蟲病原線蟲的分類, 使過去傳統的形態分類趨於完備。但Akhurst在第2屆國際昆蟲病原線蟲學術討論會上提到⁽¹⁸⁾, 在病原線蟲分類上尚有一些問題, 如當時的新種幾乎都是在形態特徵的基礎上描述的, 很少或根本沒有對線蟲腸裡攜帶的共生菌加以注意, 而形態和分子生物學的分析又常常出現不一致, 初期發展的分子生物學分析大部份只用於系統樹的分析, 較少用於種的鑑定。1976年, Poinar⁽²⁵⁾建立異小桿線蟲科, 目前含有1個異小桿線蟲屬*Heterorhabditis*與至少9個種^(7, 16), 其代表種是*Heterorhabditis bacteriophora*。由於異小桿線蟲進入寄主後發育成雌雄同體的雌蟲, 不能採取斯氏科的雜交方法鑑定異小桿科的種類。因此, 異小桿線蟲科仍是以侵染期幼蟲長度和雄蟲尾部特徵、交接刺、副刺、交接囊(bursa)和生殖乳突等為主要的分類依據⁽⁷⁾。短尾異小桿線蟲(*Heterorhabditis brevicaudis*), 是在1994年由中國廣東省昆蟲研究所的劉杰教授首度發現並命名的品種⁽¹¹⁾, 但各文獻至今仍缺少此品種的核酸序列(internal transcribed spacer, ITS與18S rDNA)⁽¹⁵⁾與聚合酵素反應—限制酵素片段多型性(Polymerase chain reaction-Restriction fragment length polymorphisms, PCR-RFLP)⁽²²⁾的圖譜, 由於沒有分子生物學資料可供比對, 此品種鑑定只能參考短尾異小桿線蟲^(11, 16)形態上主要特徵, 例如侵染期幼蟲的尾長小於80 μ m、成蟲排泄孔(excretory pore)位於神經環(nerve ring)後方等, 做為分類重要依據。

本研究中採用之線蟲雖與中國大陸的短尾異小桿線蟲屬同種線蟲, 但來源係台南縣關子嶺之土壤樣品中分離所得。短尾異小桿線蟲是台灣第1種發表之本土異小桿線蟲, 台灣也是該線蟲在全世界中第2個發現地。

本文首先利用大蠟蛾誘餌法(*Galleria-bait*)⁽²⁷⁾, 採集台灣本土蟲生病原線蟲。步驟如下: 線蟲幼蟲之分離, 將10隻8齡的大蠟蛾幼蟲置入約200g土壤(採自台南縣關子嶺地區)中, 3天後挑取已死亡蟲體至乾淨培養皿內, 培養皿內放置濕濾紙保持濕度, 待線蟲由大蠟蛾體內釋出後, 將線蟲置入無菌水中漂洗。線蟲成蟲之分離, 將侵染期幼蟲接種至8齡的大蠟蛾幼蟲後, 約第4天可得雌雄同體的雌成蟲(hermaphroditic female), 第6至7天可得雌成蟲與雄成蟲(amphimictic female and male)。以解剖刀切開蟲體, 將線蟲成蟲置入無菌水漂洗3次備用。接著利用光學顯微鏡與掃描式電子顯微鏡觀察線蟲形態特徵。

在台灣本土光桿菌菌株篩選方面, 將上述含異小桿線蟲的土壤樣品裝入布丁杯中(約2/3滿), 放入10隻8齡的大蠟蛾幼蟲, 然後墊1張紙巾並蓋上蓋子。將布丁杯倒置後,



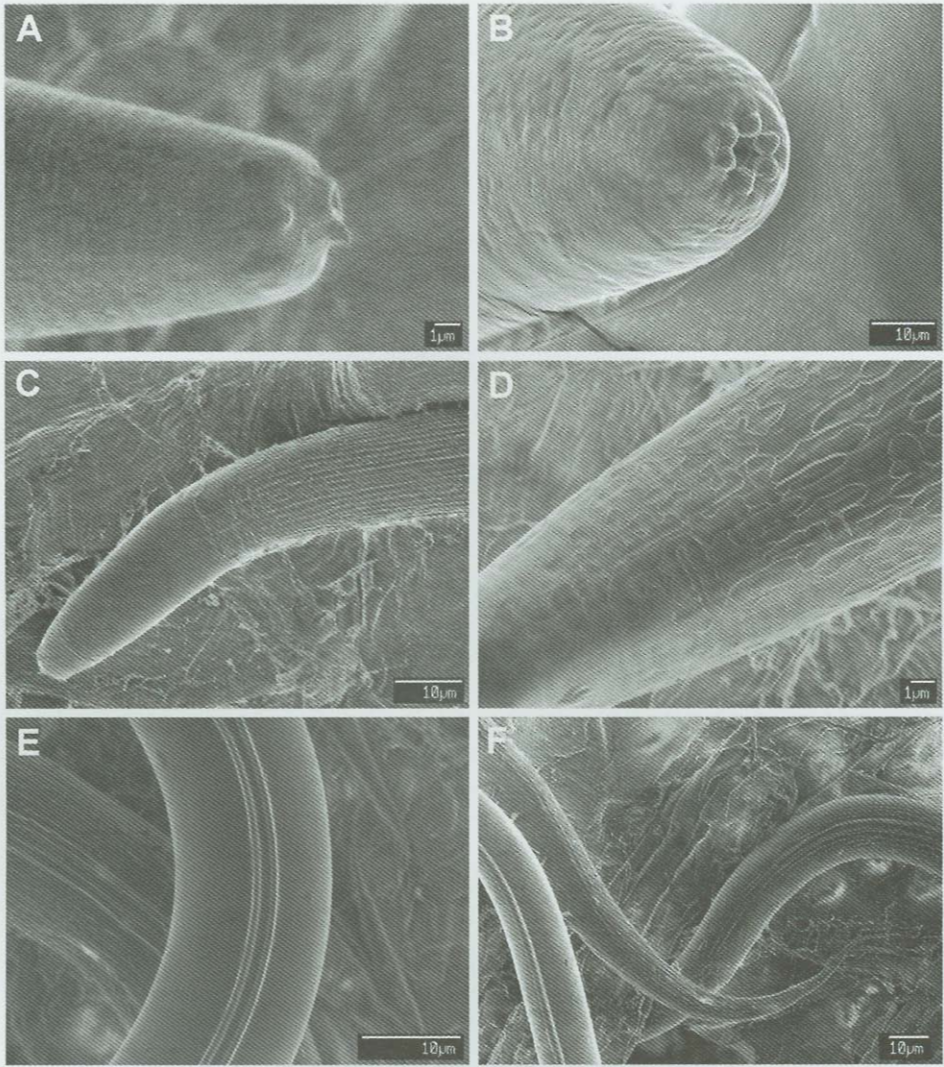
圖一、光學顯微鏡下 *Heterorhabditis brevicaudis* TG01 幼蟲之形態。A) 排泄孔(箭頭處)位於神經環之後；B) 身體外常包覆 J2 表皮。

Fig. 1. Morphology of *Heterorhabditis brevicaudis* TG01 under light microscopy. A, Excretory pore (arrow) posterior to the nerve ring; B, third-stage infective juvenile usually with a sheath (cuticle of second-stage juvenile).

持續觀察 1 星期。挑出死亡的大蠟蛾幼蟲，以解剖刀切開蟲體側邊（避免割破內臟器），然後利用移殖環（loop）輕輕沾取體液，劃線培養於 NBTA（nutrient agar plates with 0.0025% (w/v) bromothymol blue and 0.004% triphenyltetrazolium chloride）平板上，於 25°C 定溫箱培養 2 天後，挑取綠色且菌落旁之培養基具透明區（clear zone）的菌落，繼代培養後，於暗室觀察是否有產生螢光（detectable by the dark-adapted eye）。將產生螢光之單一菌落（single colony），依共生細菌的形態⁽¹⁷⁾、生化試驗^(19, 20)與 16 S rRNA⁽²¹⁾等方法，確認是否為光桿菌。

本文另針對台灣本土重要害蟲，例如小菜蛾 (*Plutella xylostella*)、擬尺蠖 (*Trichoplusia ni*)、玉米穗蟲 (*Helicoverpa armigera*)、甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua*) 與斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura*) 等 5 種鱗翅目 (Lepidoptera) 昆蟲進行室內殺蟲譜試驗。步驟如下：於小塑膠杯中各置入 1 隻供試幼蟲（小菜蛾 3 齡幼蟲、擬尺蠖 4 齡幼蟲、玉米穗蟲 5 齡幼蟲、甜菜夜蛾 5 齡幼蟲與斜紋夜蛾 5 齡幼蟲），利用無菌水將侵染期幼蟲配製成懸浮液（50 隻/10 μ l），每處理分別加入 1、10、50 與 100 隻的 3 齡線蟲，並儘量讓供試幼蟲的體表接觸線蟲懸浮液，約 10 分鐘後，放入人工飼料塊，置於 25°C 定溫箱觀察供試幼蟲的死亡情形，每次分別處理 30 隻供試幼蟲，觀察 3 天。上述試驗均重複 3 次。

本研究利用上述方法成功獲得線蟲，接著在光學顯微鏡下進行檢視，線蟲幼蟲口唇部背側具齒狀突起（tooth），具口腔（stoma），無口針（stylet）；排泄孔位於神經環後方（圖一 A）；具肛門；尾端尖細；大部份蟲體外覆有外鞘（sheath）（圖一 B）。成蟲第一世代為雌雄同體，雌成蟲的陰門（vulva）開口位於身體 1/2 處，陰門突出，雙卵巢，尾部具一突起，尾端尖細。第二世代為雌雄異體。雄成蟲具交接囊，交接刺成對且朝體腹側彎曲。接著利用掃瞄式電子顯微鏡觀察線蟲外部細微形



圖二、電子顯微鏡下 *Heterorhabditis brevicaudis* TG01 之外部形態。A) 三齡幼蟲頭部；B) 第二世代雌蟲頭部，口唇部具 6 個圓錐形唇瓣；C) 三齡幼蟲體外常包覆二齡幼蟲表皮，可見縱向脊狀紋路；D) 包覆二齡幼蟲表皮的三齡幼蟲身體前部表皮，具棋盤格形紋路；E) 侵染期幼蟲側區，具兩條明顯脊狀突起；F) 二齡幼蟲表皮縱向紋路延伸至尾端。

Fig. 2. SEM micrographs of *Heterorhabditis brevicaudis* TG01. A, Anterior region of an infective juvenile; B, front view of a second-generation female, anterior end showing 6 conical lips, each with a terminal papilla; C, anterior region of a third-stage infective juvenile with the cuticle of a second-stage juvenile showing longitudinal ridges; D, anterior regions of a third-stage infective juvenile with the cuticle of a second-stage juvenile showing a tessellate structure; E, cuticle of infective juvenile striated with 1 smooth band and margined by 2 ridges in the lateral fields; F, longitudinal ridges throughout the length of the tail.

態(圖二), 幼蟲口唇部旁具齒狀突起(圖二 A), 蟲體外包覆之外鞘可見明顯縱向脊狀紋路(longitudinal ridges), 且紋路延伸至尾端(圖二 C、F), 頭部兩側旁表皮紋路為棋盤格形(tessellate)(圖二 D); 線蟲側區(lateral field)具兩條明顯脊狀突起(圖二 E)。第一世代與第二世代雌蟲頭部扁平至稍圓, 口唇部具 6 個圓錐形唇瓣(conical lips)(圖二 B)。前述形態特徵與文獻^(16, 26)所描述 *Heterorhabditidae* 之 3 齡侵染期幼蟲及雌成蟲相同。利用光學顯微鏡本文列出侵染期幼蟲的一些形態測量值(表一), 如體長、頭到神經環的距離、頭到排泄孔的距離等。第二世代雌蟲與雄蟲的形態亦有相關測量值(數據未附於本文)。至於線蟲對於 5 種鱗翅目昆蟲幼蟲的致病力, 試驗結果顯示篩獲的異小桿線蟲皆能於上述 5 種鱗翅目昆蟲幼蟲體內增殖, 尤其只需低於 10 隻的短尾異小桿線蟲之侵染期

表一、短尾異小桿線蟲侵染期幼蟲型態測量值

Table 1. Morphometric characters of *Heterorhabditis brevicaudis* TG01 infective juveniles

Character	Measurement in μm^1
L, body length	562 \pm 15 (515 - 590)
W, greatest body width	20.0 \pm 0.5 (17 - 20)
EP, distance from the anterior end to the excretory pore	106 \pm 4.0 (95 - 110)
NR, distance from the anterior end to the nerve ring	89.0 \pm 2.9 (81 - 96)
ES, esophagus length	139 \pm 5.5 (113 - 150)
T, tail length	75.0 \pm 5.6 (65 - 98)
a, L/W	28.0 \pm 1.3 (26 - 33)
b, L/ES	4.10 \pm 0.2 (3.7 - 5.1)
c, L/T	7.50 \pm 0.5 (5.8 - 8.8)
D%, (EP/ES) x 100	76.0 \pm 4.3 (69 - 98)
E%, (EP/T) x 100	141 \pm 11 (113 - 169)

¹⁾ Measurement ranges are given in parentheses following the mean \pm SD ($N = 50$).

表二、短尾異小桿線蟲 TG01 侵染期幼蟲 1、10、50 與 100 隻分別對於 5 種鱗翅目昆蟲幼蟲的致死率

Table 2. Mortality of 5 different species of lepidopteran larvae to 1, 10, 50, and 100 infective juveniles of *Heterorhabditis brevicaudis* TG01

Insect species	Mortality (%) ¹⁾				
	IJ ²⁾ x 1	IJ x 10	IJ x 50	IJ x 100	Control ³⁾
<i>Plutella xylostella</i>	0	30	65	85	0
<i>Trichoplusia ni</i>	0	40	78	91	0
<i>Helicoverpa armigera</i>	0	20	60	75	0
<i>Spodoptera exigua</i>	7	35	80	93	0
<i>Spodoptera litura</i>	0	52	82	98	0

¹⁾ Thirty larvae/replicate, 3 replicates/trial.

²⁾ IJ, infective juveniles.

³⁾ The control used distilled water.

幼蟲就足以殺死大部份供試昆蟲幼蟲，若增加至 50 隻侵染期幼蟲能使 60% 以上的供試昆蟲幼蟲死亡（表二），顯示上述異小桿線蟲的部份殺蟲效力與斯氏線蟲接近⁽³⁾，值得繼續深入探討。

本實驗室 2004 年開始進行台灣本土異小桿線蟲蒐集，由於異小桿線蟲與光桿菌共生，所以接著自線蟲體內採集、分離與篩選光桿菌菌株，目前共有 6 株共生細菌已經依細菌的形態、生化試驗與 16 S rRNA 等方法（數據未附於本文），確認為本土光桿菌菌株（*Photorhabdus luminescens* subsp. *akhurstii*）。

綜合以上試驗結果與參考相關檢索表^(16, 22, 24, 26)，証實本研究篩獲台灣本土異小桿線蟲—短尾異小桿線蟲。本實驗室已針對短尾異小桿線蟲建立 PCR-RFLP 圖譜與 ITS 核酸序列（數據未附於本文）。由於蟲生線蟲具有以下特性，一、趨化性：線蟲具有化學感應器因而可感受到昆蟲所排出的二氧化碳與尿素，而朝釋放上述物質的生物體趨近，此行為使得線蟲具有主動性；二、蟲生線蟲及其共生菌寄主範圍極寬；三、對脊椎動物及一些無脊椎動物（如蚯蚓、蜘蛛）無毒；四、能採用動物產品，如蛋黃、雞肝、或植物如大豆粉等大量繁殖線蟲。因有上述優點，所以具有開發價值。但由於線蟲受環境的影響頗大，必須配合適宜的施用方法，才可發揮最大效果^(6, 13, 14)。本實驗室已於 2004 年證實單獨使用光桿菌代謝產物分子量大於 100 kDa 的蛋白複合物對鱗翅目具有很強的殺蟲活性，是一種廣譜殺蟲蛋白，對於測試之病原真菌亦具有廣譜拮抗性⁽¹²⁾。今年將針對台灣本土光桿菌菌株進行有效成份的分離，同時嘗試進行有用基因的轉殖工作。由於全球迄今尚未上市兼具殺蟲與抑菌效果的微生物製劑，光桿菌具有殺蟲與抑菌雙效作用，在植物病蟲害之生物防治與抗生物質之利用上，未來與異小桿線蟲皆值得國人進行深入探討並研發上市。

（關鍵詞：昆蟲病原線蟲、異小桿線蟲科、短尾異小桿線蟲、光桿菌）

謝 辭

本研究由行政院農業委員會農業生物技術國家型科技計畫—93 農科-4.2.1-藥-P2 與 94 農科-5.2.1-藥-P1 計畫經費補助。承蒙本所林秀昭小姐與曾瑞堂先生協助線蟲蒐集，本所農藥應用組李祈益先生協助電子顯微鏡操作，謹此一併誌謝。

引用文獻

1. 王次男。1995。昆蟲寄生性線蟲之植物性固體培養基。植保會刊 37：448-449。
2. 朱耀沂、金小安。1975。寄生性線蟲 DD-136 的生活史與大量繁殖。植保會

刊 17：121-132。

3. 白志方。2004。蟲生線蟲（*Steinernema abbasi*）感染寄主之特性，在土壤中之持效力及其田間應用之研究。國立中興大學昆蟲學系博士論文。台中。163 頁。
4. 呂佳容、侯豐男。1994。蟲生線蟲（*Steinernema capocapsae*）之人工繁殖及其對斜紋夜盜與小菜蛾之致病力。國立中興大學昆蟲學系碩士論文。台中。54 頁。
5. 吳永泉、侯豐男。1996。蟲生線蟲感染斜紋夜盜之研究。國立中興大學昆蟲學系碩士論文。台中。71 頁。
6. 侯豐男、蕭文鳳。1997。蟲生線蟲在農業上之應用。昆蟲生態及生物防治研討會專刊，第十號。李後晶編。中華昆蟲

- 學會印。台中。
7. 徐洁蓮。1998。昆蟲病原線蟲（斯氏科和異小桿科）分類研究近況。昆蟲天敵 20: 124-128。
 8. 陳輿賢、唐立正、侯豐男。2004。兩種蟲生線蟲共生菌 *Xenorhabdus* sp.及 *X. nematophilus*（真細菌目：腸內菌科）對斜紋夜蛾之致病力比較。台灣昆蟲：31（第25屆年會論文宣讀）。
 9. 曾美容、侯豐男。1995。蟲生線蟲對甜菜夜蛾之致病力及持久性。國立中興大學昆蟲學系碩士論文。台中。59頁。
 10. 鄭旗志、侯豐男。1992。蟲生線蟲防治亞洲玉米螟之潛用性。國立中興大學昆蟲學系碩士論文。台中。80頁。
 11. 劉杰。1994。中國異小桿線蟲屬一新種。動物分類學報 19: 268-272。
 12. 謝奉家、林宗俊、曾瑞堂、高穗生。2004。兼具殺蟲與抗菌作用之線蟲共生細菌—光桿菌。植保會刊 46: 163-172。
 13. 蕭文鳳、侯豐男。1994。蟲生線蟲殺蟲劑在蟲害管理上之應用。生物農藥研究與發展研討會專刊，第十一章。李國欽、高穗生、費雯綺編。台灣省農業藥物毒物試驗所印。台中。
 14. 蕭文鳳。2001。蟲生線蟲在農林業害蟲管理上之應用。跨世紀台灣昆蟲學研究之進展研討會論文集，第95-114頁。謝豐國、林政行、顧世紅編。國立自然科學博物館印。台中。
 15. Adams, B. J., Burnell, A. M., and Powers, T. O. 1998. A phylogenetic analysis of *Heterorhabditis* (Nemata: Rhabditidae) based on internal transcribed spacer 1 DNA sequence data. *J. Nematol.* 30: 22-39.
 16. Adams, B. J., and Nguyen, K. B. 2002. Taxonomy and systematics, pp. 1-33. *In*: R. Gaugler [ed.], *Entomopathogenic nematology*. CABI, New York, USA. 388 pp.
 17. Akhurst, R. J., and Boemare, N. E. 1990. Biology and taxonomy of *Xenorhabdus* spp., pp. 75-90. *In*: R. Gaugler and H. K. Kaya [eds.], *Entomopathogenic nematodes in biological control*. CRC Press, Florida, USA. 365 pp.
 18. Akhurst, R. J. 1995. From then to now-A brief review of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria, pp. 3-8. *The Second International Symposium on Entomopathogenic Nematodes and their Symbiotic Bacteria*, October 15-17, Honolulu, Hawaii, USA.
 19. Boemare, N. E. 2002. Biology, taxonomy and systematics of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*, pp. 35-56. *In*: R. Gaugler [ed.], *Entomopathogenic nematology*. CABI, New York, USA. 388 pp.
 20. Boemare, N. E., and Akhurst, R. J. 1988. Biochemical and physiological characterization of colony from variants in *Xenorhabdus* spp. *J. Gen. Microbiol.* 134: 751-761.
 21. Brunel, B., Givaudan, A., Lanois, A., Akhurst, R. J., and Boemare, N. 1997. Fast and accurate identification of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* species by restriction analysis of PCR-amplified 16S rRNA genes. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 574-580.
 22. Hominick, W. M., Briscoe, B. R., del Pino, F. G., Heng, J. A., Hunt, D. J., Kozodoy, E., Mracek, Z., Nguyen, K. B., Reid, A. P., Spiridonov, S., Stock, P., Sturhan, D., Waturu, C., and Yoshida, M. 1997. Biosystematics of entomopathogenic nematodes: current status, protocols and definitions. *J. Helminthol.* 71: 271-298.
 23. Kaya, H. K. 1993. *Entomopathogenic*

- nematodes. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 181-206.
24. Nguyen, K. B., and Smart, Jr. G. C. 1996. Identification of entomopathogenic nematodes in the Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nemata: Rhabditida). *J. Nematol.* 28: 286-300.
25. Poinar, G. O. 1976. Description and biology of a new insect parasitic rhabditoid, *Heterorhabditis bacteriophora* n. gen. n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae n. fam.). *Nematologica* 21: 463-470.
26. Poinar, G. O. 1990. Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae, pp. 23-61. *In*: R. Gaugler, and H. K. Kaya [eds.], *Entomopathogenic nematodes in biological control*. CRC Press, Florida, USA. 365 pp.
27. Rajagopal, R., and Bhatnagar, R. K. 2002. Insecticidal toxic proteins produced by *Photorhabdus luminescens akhurstii*, a symbiont of *Heterorhabditis indica*. *J. Nematol.* 34: 23-27.
28. Rosa, J. S., Bonifassi, E., Amaral, J., Lacey, L. A., Simoes, N., and Laumond, C. 2000. Natural occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernema, Heterorhabditis) in the Azores. *J. Nematol.* 32: 215-222.
29. Turco, C. P. 1970. *Neoplectana hopta*, sp. n. (Neoaplectanidae: Nematoda), a parasite of the Japanese beetle, *Popillia japonica* Nwen. *Proceedings of the helminthological Society of Washington* 37: 119-121.
30. Wu, H. J., Wang, Z. N., Ou, C. F., Tsai, R. S., and Chow, Y. S. 1991. Susceptibility of two Formosan termites to the entomogenous nematode, *Steinernema feltiae* Filipjev. *Bull. Inst. Zool. Academia Sinica* 30: 31-39.

ABSTRACT

Hsieh, F. C.^{1, 2}, Tzeng, C. Y.¹, and Kao, S. S.^{1*} 2005. A new isolate of the entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis brevicaudis* TG01 (Rhabditida: Heterorhabditidae), from Taiwan. Plant Prot. Bull. 47: 263-271. (¹ Biopesticides Division, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Taichung 413, Taiwan (ROC); ² Graduate Institute of Biotechnology, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan (ROC))

An entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis brevicaudis* TG01, newly isolated from Taiwan is first described in this report. The type specimen of *Heterorhabditis brevicaudis*, first isolated in China in 1994, is currently unavailable. Due primarily to difficulties in acquiring molecular data representing all species of *Heterorhabditis*, no phylogenetic analysis to date can be considered complete. Diagnosis was mainly based on information revealed by scanning electron microscopy (SEM). We thus used morphology-based taxonomic characteristics to identify and diagnose species of the entomopathogenic nematode, *H. brevicaudis*, isolated from Taiwan; moreover, 6 specimens of *Photorhabdus luminescens* subsp. *akhurstii* were isolated from nematodes and identified by phenotypic, biochemical tests and 16S rRNA. Five insect species, namely *Plutella xylostella*, *Trichoplusia ni*, *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera exigua*, and *S. litura*, were shown to be highly susceptible to *Heterorhabditis brevicaudis* TG01 under laboratory conditions with only 50 infective juveniles.

(Key words: entomopathogenic nematode, Heterorhabditidae, *Heterorhabditis brevicaudis*, *Photorhabdus luminescens*)

*Corresponding author. E-mail: sskao@tactri.gov.tw