

行政院農業委員會林務局委託計畫系列 97-07-1-1 號

蘇鐵白輪盾介殼蟲捕食性天敵

雙色出尾蟲大量繁殖及防治監測

Mass production and release assess of *Cybocephalus nipponicus* on the cycad scale

*Aulacaspis yasumatsui*

委託機管：行政院農業委員會林務局台東林區管理處

執行機關：國立中興大學昆蟲學系

計畫主持人：黃紹毅 副教授

研究人員：蘇士宏 宋欣穎

中華民國九十七年十二月

## 摘要

自 2000 年在台灣北部發現蘇鐵遭受蘇鐵白輪盾介殼蟲(*Aulacaspis yasumatsui* Takagi)的危害，之後開始蔓延全台。於 2003 年 9 月從泰國引進捕食性天敵--雙色出尾蟲 (*Cybocephalus nipponicus*) 進行生物防治，並於 2005 年 6 月申請成功予以釋放。本計畫之目的地是希望加速研發雙色出尾蟲大量繁殖技術，提供雙色出尾蟲供控制臺東地區蘇鐵白輪盾介殼蟲危害及擴散，以保護臺東蘇鐵自然保留區內的臺東蘇鐵。幾個目標分別為 (1) 繁殖雙色出尾蟲並提供台東林區管理處以進行 CAS 生物防治工作 (本年度計畫提供 120,000 隻)。(2) 依監測計畫進行釋放前後防治效果監測及評估。(3) 蘇鐵小灰蝶藥劑施用時機與雙色出尾蟲釋放時間評估。研究結果顯示雙色出尾蟲之繁殖技術已改進許多，本年至少生產 120,000 隻雙色出尾蟲，供林務局臺東林區管理處作為釋放防治之用。另外，族群監測結果發現，本年度 1 至 11 月的天敵-害蟲監測中發現，大部份的植株在蘇鐵心部、新生葉片上並沒有發現到介殼蟲，6~8 月因天氣炎熱使白輪盾介殼蟲生長速度加快，9 月因天敵的族群數目與害蟲到達平衡，同時因氣溫稍微下降而使白輪盾介殼蟲的數量不再持續攀升。在每年夏天期間，其族群會有上升之趨勢，宜預先防範。最後，研究結果也顯示不同藥劑對東陞蘇鐵小灰蝶之忍受性測試，結果顯示 11 種殺蟲劑以植物保護手冊之推薦用量測試後對小灰蝶卵達 LD<sub>50</sub> (Lethal Dose, 50%) 以上有效藥劑有 7 種，對四齡幼蟲達 LD<sub>50</sub> 以上有 2 種，對蛹達 LD<sub>50</sub> 以上藥劑有 5 種，其中 3 種則對蛹有 100% 的防治效果。雙色出尾蟲對施藥後不同時間之忍受力，經試驗後於第一天觀察除賽滅寧及百滅寧在 50% 及 100% 濃度下對雌、雄成蟲具有抑制力，在第 10 天後藥劑之影響力亦降至最低。對於東陞蘇鐵小灰蝶之施藥與施放雙色出尾蟲進行天敵綜合防治時機方面，建議施用賽滅寧，百滅寧、阿巴汀及因滅汀四種藥劑，並於施藥 10 天後施放雙色出尾蟲防治白輪盾介殼蟲。如要降低對土壤及環境所造成之傷害，則以賽滅靈、百滅靈及阿巴汀三種藥劑分別稀釋為 15000、30000 及 20000 倍，亦能對小灰蝶幼蟲造成抑制，對雙色出尾蟲不會造成太大的影響。在天敵施放方面：為使天敵能在野外立足，一般需多次及多點的釋放，較易得到好效果。並建議多釋放於被感染之成熟(大)蘇鐵樹上。此外，調查中亦發現另一種本土雙色出尾蟲(*Cybocephalus flavocapitis* T. R Smith)，未來需要進一步探討雙色出尾蟲施放的時機及施放的方式，以及其他本土可能天敵之效用，方能有效利用天敵達成防治之成效。

關鍵詞：蘇鐵、蘇鐵白輪盾介殼蟲、雙色出尾蟲、蘇鐵小灰蝶、天敵

## 目錄

壹、前言	5
貳、生物學背景資料	8
蘇鐵白輪盾介殼蟲生活史及習性	8
雙色出尾蟲生活史及習性	8
東陞蘇鐵小灰蝶生活史及習性	9
參、前人研究及相關試驗	9
雙色出尾蟲寄主專一性測試	9
取食功能反應測定	10
溫室釋放雙色出尾蟲效果評估測試	10
本土與泰國雙色出尾蟲外觀分辨特徵	10
肆、材料與方法	11
蘇鐵白輪盾介殼蟲飼育	11
雙色出尾蟲之繁殖	11
臺東蘇鐵自然保留區雙色出尾蟲野放	11
蘇鐵白輪盾介殼蟲田間族群數量調查	11
雙色出尾蟲田間密度調查	11
採集樣本統計方法	12
東陞蘇鐵小灰蝶大量繁殖	12
殺蟲劑對蘇鐵小灰蝶與雙色出尾蟲之忍受性評估	12
伍、結果	13
雙色出尾蟲之大量繁殖	13
蘇鐵白輪盾介殼蟲田間族群數量調查	14
殺蟲劑對蘇鐵小灰蝶與雙色出尾蟲之忍受性評估	14
陸、討論	14
誌謝	17
參考文獻	17

## 圖表目錄

表一、雙色出尾蟲( <i>Cybocephalus nipponicus</i> )不同寄主之測試	20
表二、藥劑試驗之 11 種殺蟲劑普通名、化學成分、劑型、植保手冊推薦倍數及生產廠商	22
表三、雙色出尾蟲產出表	23
表四、台東蘇鐵保護區雙色出尾蟲釋放數量	27
表五、台東縣延平事業區第 23 林班蘇鐵植株介殼蟲及天敵觀察數(2008)	29
表六、11 種藥劑對小灰蝶幼蟲不同齡期之死亡率	30
表七、對小灰蝶卵至二齡幼蟲達 LD <sub>50</sub> 之藥劑以三種不同濃度測試其死亡率	31
表八、對小灰蝶四齡幼蟲達 LD <sub>50</sub> 之藥劑以三種不同濃度測試其死亡率	32
表九、對小灰蝶蛹達 LD <sub>50</sub> 之藥劑以三種不同濃度測試其死亡率	33
表十、4 種藥劑試驗雙色出尾蟲雄成蟲之存活率	34
表十一、4 種藥劑試驗雙色出尾蟲雌成蟲之存活率	35
圖 1、蘇鐵白輪盾介殼蟲危害狀	36
圖 2、受蘇鐵白輪盾介殼蟲危害使植株倒伏	36
圖 3、蘇鐵白輪盾介殼蟲於 25°C/ RH 60% 之生活史	37
圖 4、雙色出尾蟲型態特徵	37
圖 5、雙色出尾蟲於 28°C/RH 75% 之生活史	38
圖 6、東陞蘇鐵小灰蝶	38
圖 7、東陞蘇鐵小灰蝶幼蟲危害	38
圖 8、將卵粒放至於黑圈	39
圖 9、每一水晶杯置入不同食餌密度並放入雙色出尾蟲	39
圖 10、恆溫生長箱，定溫在 20、28、32°C，60%RH 環境下進行	39
圖 11、雙色出尾雌、雄成蟲取食之功能反應	40
圖 12、溫室釋放五對雙色出尾蟲釋放前後之白輪盾介殼蟲族群數量調查	41

圖 13、溫室釋放十對雙色出尾蟲釋放前後之白輪盾介殼蟲族群數量調查	41
圖 14、溫室釋放二十對雙色出尾蟲釋放前後之白輪盾介殼蟲族群數量調查	41
圖 15、本土雙色出尾蟲型態特徵	42
圖 16、採集臺東蘇鐵上之白輪盾介殼蟲卵感染至蘇鐵植株	42
圖 17、將含白輪盾介殼蟲之葉片置於健康植株上使其大量增殖	42
圖 18、將雙色出尾蟲放入已長滿白輪盾介殼蟲之蘇鐵養蟲箱繁殖	42
圖 19、台東縣延平事業區第 23 林班監測樣區衛星示意圖	43
圖 20、釋放前蘇鐵白輪盾介殼蟲之田間族群數量調查流程	43
圖 21、大量繁殖東陞蘇鐵小灰蝶	44
圖 22、40X 下的東陞蘇鐵小灰蝶卵粒(a)、將測試的卵浸於藥劑中 10 秒風乾後，置於 5cm 培養皿中(b)	44
圖 23、取 1 ml 之 1X 濃度的 12 種藥劑滴於保鮮管中	45
圖 24、用手振盪 5 秒後倒出藥劑自然風乾	45
圖 25、分別將測試之小灰蝶的四齡幼蟲放入管中	45
圖 26、於 24 小時後觀察幼蟲之活動力、死亡率	45
圖 27、將測試的蛹以紗網包覆浸於 1X 濃度之藥劑 10 秒	46
圖 28、自然風乾後，每 5 隻蛹分別置於 5 個試驗杯中	46
圖 29、於 24 小時後觀察蛹之羽化與死亡率	46
圖 30、藥劑依固定比例稀釋噴灑在植株上，平均每株噴灑藥量約為 30ml	47
圖 31、不同天數取下葉片分別置於 50mm 培養皿	47
圖 32、每一培養皿放入雙色出尾蟲雌、雄成蟲各一隻，48 小時後開始觀察	47
圖 33、97 年延平事業區第 23 林班白輪盾介殼蟲與雙色出尾蟲族群密度消長	48
圖 34、延平事業區第 23 林班白輪盾介殼蟲與雙色出尾蟲密度消長	49

## 前言

蘇鐵 (Cycad) 分布於熱帶，是一種源自遠古時代的植物，是重要的園林觀賞植物，四季常青，樹形優美，深受人們的喜愛。目前在全國各地皆有蘇鐵栽培，為具有高觀賞價值的園藝植物。事實上，中國大陸和台灣是全世界的兩大蘇鐵苗輸出國，每個月輸出好幾千株蘇鐵苗至國外，輸出的蘇鐵品種主要是琉璃蘇鐵 (*Cycad revolute* Thunb.)

(IUCN/SSC Cycad Specialist Group 2005)。在台灣，除了一般的蘇鐵 (琉璃蘇鐵) 之外，還有一種很珍貴的蘇鐵-台東蘇鐵 (*Cycas taitungensis* Shen, Hill, Tsou & Chen)。台東蘇鐵是台灣的特有種，早期因分類鑑定問題被誤判為台灣蘇鐵，俗稱鐵樹，是在地球經過多次大變動後，留下來的一種古老的「活化石」之一，發育至今約一億四千多年。台東紅葉村附近的蘇鐵是台灣地區野生的台東蘇鐵中，分布面積最廣、數量最多，且生長情況良好的區域。為了防止台東蘇鐵被盜採，維持現有族群，使其得以繼續繁衍，林務局於民國 69 年時，將本區設為「台灣蘇鐵保護區」；農委會於民國 75 年 6 月，依文資法公告為「台東紅葉村台東蘇鐵自然保留區」，並於民國 77 年時，公告台東蘇鐵為珍貴稀有植物，給予嚴格的保護。

自 2000 年 4、5 月起，臺北及桃園的蘇鐵，遭受介殼蟲為害，嚴重者整株滿佈蟲體所分泌之白色介殼，受害蘇鐵逐漸萎凋甚至枯死，為近年來蘇鐵最重要的害蟲。此害蟲經外部形態及分子生物技術的鑑定，確定為蘇鐵白輪盾介殼蟲 (*Aulacaspis yasumatsui* Takagi; 簡稱 CAS)，並初步認定為是新入侵臺灣的新紀錄種(邱一中等, 2001)。近年來，在蘇鐵白輪盾介殼蟲及東陞蘇鐵小灰蝶的危害下，蘇鐵面臨空前的滅絕危機(許迪川, 2006)。根據研究，蘇鐵白輪盾介殼蟲快速遷移擴散的主要原因如下：人為攜帶及苗木販售搬運等長距離移動，短距離的遷移和鄰近植株間的傳播，主要依靠具有移動能力主動分散的初齡若蟲，其藉由風及氣流進行被動的分散。嚴重受害的葉片，佈滿剛孵化的初齡游走若蟲和散佈的卵粒，藉由葉軸、葉片和羽狀小葉的摩擦，造成接觸感染的短距離遷移擴散。

蘇鐵白輪盾介殼蟲於 1972 年首次在泰國的蘇鐵上被發現(Takagi, 1990)，但該介殼蟲對當地的蘇鐵並未造成嚴重危害，因為當地介殼蟲族群受到天敵的控制，長期都維持於低密度之下(Takagi, 1977)；受害嚴重時，寄主植物滿佈蟲體所分泌之白色介殼，彷彿一層雪花覆蓋其上 (圖 1a、b)，極為醒目，根據文獻報導，許多幼齡蘇鐵受感染一年後即枯死(Howard et al., 1999) (圖 2a、b)。蘇鐵白輪盾介殼蟲繁殖能力強，危害範圍遍及全株，尤其可深入植株基部，莖部鱗片深處，並且對藥劑之容忍力強，當環境不適合生長繁殖時，甚至會呈現滯育(diapause)狀態。近年來臺灣許多地區的蘇鐵已遭受此蟲嚴重危害，導致植株全面枯竭，寄主包括琉璃蘇鐵及保育類植物的台東蘇鐵。在國際間，野生蘇鐵受到嚴重威脅的包括台灣的台東蘇鐵，以及關島的蘇鐵 (*Cycas micronesica*)。目前這兩種蘇鐵都遭受嚴重的白輪盾介殼蟲危害，對於如何防治該蟲部分，還需要更多研究。

在 2003 年 4~8 月期間，由臺灣大學石正人教授與延平鄉公所合作，在延平鄉進行蘇鐵之緊急藥劑防治措施，每二星期施用 3% 加保扶粒劑一次，經八次施藥後，有效抑

制本蟲蔓延。在臺東縣延平鄉紅葉村臺東蘇鐵自然保留區內之珍貴稀有的臺東蘇鐵林，雖然從民國 92 年起即於延平鄉紅葉村全面進行化學藥劑防治，以防止蘇鐵白輪盾介殼蟲入侵，保護保留區內之臺東蘇鐵林。但兩年後不但保留區已經發現遭受蘇鐵白輪盾介殼蟲入侵危害，延平鄉之蘇鐵也再度發現蘇鐵白輪盾介殼蟲的蹤跡，由此可知不論化學防治如何徹底，只能暫緩蘇鐵被為害的情形，若不持續施藥，原來的蘇鐵白輪盾介殼蟲族群很快就能再度建立，必須儘速採取新的防治措施，才能保護這些從遠古時化就子留下來的遺產。

生物防治是害蟲防治上一種重要的方法，主要是利用害蟲的天敵對害蟲的傷害，來達到減低甚至完全消滅害蟲族群之目的。因為 CAS 為外來種之害蟲，在台灣立足的時間還不是很長，本地的天敵因為種種原因，還無法有效的控制該蟲，所以在剛開始必須從 CAS 之原產地，尋找在該地對其族群能控制之天敵，引進及大量繁殖後，釋放於野外進行防治。相關單位根據美國一些防治 CAS 的範例，在幾年前引進了一種 CAS 之捕食性天敵—方頭出尾蟲科 (Cybocephalidae) 之雙色出尾蟲 (*Cybocephalus nipponicus*)，做為生物防治之材料。

雙色出尾蟲於 2003 年 9 月 6 日從泰國引進，引進後在國立屏東科技大學檢疫室隔離進行包括生物、生態、及寄主範圍等測試，確定其對白輪盾介殼蟲 (CAS) 之寄主專一性及室內防治效果觀察。經取食性測試顯示，雙色出尾蟲僅取食白輪盾科介殼蟲如：月橘白輪盾介殼蟲、蘇鐵白輪盾介殼蟲、樟白輪盾介殼蟲及桑白輪盾介殼蟲；由於取食專一性高，在饑餓狀態下不會取食其他非目標生物，故不會破壞原有之生態，且在自然環境下雙色出尾蟲會隨著白輪盾介殼蟲族群數量減少而降低數量，因此天敵在自然環境中不易危及原有的生態平衡，故不會造成生態上的衝擊與二次危害。後經行政院農委會防檢局審查，於 2005 年 6 月 3 日批准田間釋放。經於室內大量繁殖後，於 2005 年 10 月 15 日於臺東及 11 月 15 日於屏東與臺中進行田間釋放。在 2006 年之後，由屏科大賴博永博士及中興大學昆蟲系組成之團隊，持續進行雙色出尾蟲之量產及生產技術之改良。生產的雙色出尾蟲，提供林務局台東林區管理處做為野外釋放之用，主要是釋放於延平 23 及 40 林班等地。除了上述地區之外，為瞭解泰國雙色出尾蟲於林間對 CAS 之控制情形，研究團隊亦在 2006 年 12 月，於延平 23 林班釋放雙色出尾蟲，同時開始每月監測 CAS 之族群變化情形。另外，也於 2007 年 9 月 (釋放天敵後 10 個月)，估計天敵應該在野外開始建立族群，開始每個月同時監測 CAS 及雙色出尾蟲之族群變化情形。結果發現在實驗樣區釋放天敵三個月後，CAS 的密度從 70 隻/5 公分小葉，降到約 20 隻/5 公分小葉，然後在 2007 年夏天，族群有稍微增加趨勢 (30 隻/5 公分小葉)，之後即再下降至很低的密度。

目前雖然使用雙色出尾蟲達到控制 CAS 之初步效果，但仍有許多問題有待解決，例如雙色出尾蟲之釋放數量仍嫌不足等。因此本計畫之目標是希望加速研發雙色出尾蟲大量繁殖技術，提供雙色出尾蟲供控制臺東地區蘇鐵白輪盾介殼蟲危害及擴散，以保護臺東蘇鐵自然保留區內的臺東蘇鐵。在這目標之下，可以在分成幾個細部目標，分別為 (1) 繁殖雙色出尾蟲並提供台東林區管理處以進行 CAS 生物防治工作 (本年度計畫提供 120,000 隻)。(2) 依監測計畫進行釋放前後防治效果監測及評估。(3)

蘇鐵小灰蝶藥劑施用時機與雙色出尾蟲釋放時間評估。

## 貳、生物學背景資料

### 一、蘇鐵白輪盾介殼蟲生活史及習性

蘇鐵白輪盾介殼蟲卵的長徑約 0.23mm，橫徑約 0.11mm。在定溫 25°C 相對濕度 60% 的條件下，約 8~19 天可孵化成一齡若蟲。孵化的時間受雌成蟲日齡的影響，即愈早產出的卵，其孵化時間較長。6~9 月所進行的孵化試驗，其孵化率約在 90% 左右，但 10 月的試驗則僅有 61% 左右，推測 10 月以後所產下的卵，可能具有滯育越冬的現象。

一齡若蟲可依其不同行為分成四個時期，首先是剛孵化後的靜止期 (postnatal torpidity)，一齡若蟲孵化後會在母體的介殼下靜止不動，持續數分鐘到數小時，直到受碰觸刺激後才進入第二期。第二期是移動擴散期 (moving period)，這是蘇鐵白輪盾介殼蟲一生中唯一活潑移動的時期，移動距離可達數十公尺以上，因其迂迴的移動且通常於母體不遠處固著，故稱為遊走若蟲 (crawler)。雌、雄蟲的移動能力不同，一般雄蟲移動能力較雌蟲強，且雄蟲喜歡在母體附近聚集。當遊走若蟲將口針刺入蘇鐵植株後，便進入第三期取食生長期 (feeding period)，此時足收縮於身體下方，將身體撐平後，用口針固著於蘇鐵植株上取食，並開始分泌蠟絲，當身體長到一定大小時，便進入第四期，形態變化期 (morphogenetic period)，此時取食停止且觸角開始退化，在足完全退化及新皮腺形成後，便脫皮進入第二齡期(Howard et al.,1999)。

二齡若蟲從介殼外形即可明顯區分雌、雄，二齡雌蟲的足及觸角均已退化，並利用脫皮後新生的口器再插入蘇鐵植株固著取食，此時期已具有完整的臀板，但生殖器尚未發育成熟，取食成長到一定大小時，便再度脫皮進入第三齡，即為成蟲。成蟲與二齡雌若蟲外形相似，差異僅在雌成蟲具有圍陰腺孔群，且能生殖產卵。剛脫皮後的雌成蟲體軀仍可繼續成長，稱為幼體成蟲 (neotenic) (Howard et al.,1999)。處女成蟲會將臀板伸出介殼外，並釋放心費洛蒙吸引雄蟲交尾。田間初步調查結果顯示，雌成蟲以孤雌生殖為主，且分別有產雄與產雌的不同雌成蟲個體，值得再進一步研究。

生活史的試驗中，收集試驗區的蟲卵，孵化後即轉移至蘇鐵植株，第 14、15 天即脫皮進入第二齡雌若蟲，約至第 22 天再脫皮進入雌成蟲期，雌成蟲於第 36 天開始達性成熟可開始產卵。雌成蟲可終生產卵，在繁殖季節，產卵期約 4~6 週，而在冬季世代的雌成蟲，產卵期可達 13 週(Howard et al.,1999)。卵產出後，圍陰腺孔群會分泌蠟絲，覆於卵殼上加以保護。一般雌成蟲產卵量達 100 顆以上 (圖 3)。

三齡雄若蟲之介殼具有三條長形縱脊的柔軟介殼，此分泌的介殼會持續到雄蟲羽化，因此一般稱三齡雄若蟲為前蛹期。三齡前蛹期的口器和消化器官退化，也不再分泌蠟絲，且具有部分成蟲器官的芽體，如觸角、複眼、翅、足和交尾器，但從外形上仍無法完全看出。四齡雄若蟲為蛹期，觸角和足分節明顯，胸板結構較前蛹複雜，交尾器明顯外露，類似完全變態類之裸蛹，形態完全不同於前三齡若蟲，但蛹期具有外露的翅芽，與真正完全變態類昆蟲不同。雄成蟲複眼及觸角發達，但口器退化，羽化後壽命僅 1~2 天，具有翅一對，不善飛行，會被雌成蟲的性費洛蒙吸引前往交尾(Furnashi and

Nishino,1983)。

## 二、雙色出尾蟲生活史及習性

雙色出尾蟲之分類地位為鞘翅目 (Coleoptera)、方頭出尾蟲科 (Cybocephalidae)、雙色出尾蟲 (*Cybocephalus nipponicus*)。雙色出尾蟲之雌、雄蟲外形大小略同，唯雄成蟲頭部及前胸背板全為黃色，而雌成蟲頭部及前胸背板全為黑色為明顯鑑定特徵 (圖 4 a、b)。在定溫 28°C 相對濕 75% 的條件下，卵約  $5.89 \pm 0.66$  天可孵化成一齡幼蟲，幼蟲具有三個齡期需  $10.4 \pm 0.8$  天即可化蛹，蛹期約  $18.4 \pm 2.9$  天即可羽化為成蟲 (圖 5)，雌成蟲的產卵期長，平均為 17 週以上，且產卵量高為 226.7 顆以上。

該蟲各時期主要外部形態特徵如下：卵的長徑約 0.42mm，橫徑約 0.2mm 顏色呈半透明淡紫紅色；卵孵化的時間會隨著溫度的增加而縮短。雌蟲使用口器將已產卵之母介殼蟲外殼咬破一小孔，之後尾端伸入孔內，將卵產於介殼中，一個雌介殼內會產下 2~3 顆卵，有少數發現產於雄介殼內。

幼蟲期分為三個齡期，一齡幼蟲體色呈淡紫白色，爬行速度慢，體長 0.46 mm 體寬 0.25 mm。二齡幼蟲體色呈淡紫粉紅較一齡幼蟲善於爬行，爬行速度也較快，取食偏好不分，體長 0.87 mm 體寬 0.3 mm。三齡幼蟲體色呈粉紅或淡橘紅而內含物帶酒紅色，移動性不高，偏好取食雌白輪盾介殼蟲成蟲，體長 2.05mm 體寬 0.58mm。

三齡蟲發育至最後一天，會找尋暗處並有白色分泌絲 (繭) 將蟲體周圍包住，開始化蛹。繭為白色，長為 2.15mm 寬 2.16mm，呈現圓型。雄成蟲頭部及前胸背板全為黃色，體長 1.15mm 體寬 0.85mm。雌成蟲頭部及前胸背板全為黑色，體長 1.23mm 體寬 0.87mm。將剛羽化之雌、雄蟲放一起，便開始行交尾動作，但是雌蟲會在 2 天後才開始有產卵的動作出現。產卵方式，雌蟲會先將雌介殼咬開一小孔，接著產卵管伸入小孔內將卵產於介殼內，產卵後會在產卵邊緣留下一點紫紅色分泌物。雙色出尾蟲取食後會留下取食孔，且介殼蟲呈現乾扁狀。

幼蟲需經過三個齡期後化蛹，卵期在  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  及相對濕度  $60 \pm 10\%$  下平均約  $6.24 \pm 1.45$  天。幼蟲需經過三齡期後化蛹，在  $26^\circ\text{C}$  下需約  $9.47 \pm 2.9$  天，而蛹期約  $15.0 \pm 1.27$  天。在  $17^\circ\text{C}$  及相對濕度  $60 \pm 10\%$  下，卵期是  $26^\circ\text{C}$  時的 2 倍。在  $17^\circ\text{C}$  時，幼蟲期及蛹期的平均成長時間比  $26^\circ\text{C}$  長。在  $29^\circ\text{C}$  及相對濕度  $60 \pm 10\%$  下，蟲之卵期、幼蟲期及蛹期比起  $26^\circ\text{C}$  短。雙色出尾蟲的生命期，依長短漸短排列： $(17^\circ\text{C}) 62$  天  $>$   $(26^\circ\text{C}) 31$  天  $>$   $(29^\circ\text{C}) 24$  天，不同溫度下各齡期發育日數隨溫度上升而縮減。在不同定溫下，雙色出尾蟲各齡期的平均發育所需日數及發育速率會因溫度上升而促進發育，各期之發育接與溫度有密切關係，一般在溫度升高時，其發育期所短，發育日數隨溫度降低而延長，溫度對雙色出尾蟲之發育期影響甚大 (Bailey, 2006)。其雌雄成蟲的壽命相當接近，約為 81 天。雌雙色出尾蟲的產卵前期約 5.18 天且平均生殖率為  $109.47 \pm 68$  顆卵，最大生殖為 218 顆卵。雌雄性別比率為 0.8:1。其淨生殖率 ( $R_0$ ) 為 46.53、平均世代時間 ( $T$ ) 為 62.05 天、有限增殖率 ( $r$ ) 為 0.06 及內在增殖率 ( $\lambda$ ) 為 1.06。以  $26^\circ\text{C}$  定溫下雙色出尾蟲完成生活史需 31 天，以臺灣之繁殖高峰時期從 4 月到 7 月，約可產生 6-7 個的世代 (Bailey, 2006)。

### 三、東陞蘇鐵小灰蝶生活史及習性

東陞蘇鐵小灰蝶之分類地位為鱗翅目 (Lepidoptera)、灰蝶科 (Lycaenidae)、綺灰蝶屬 (Chilades)、東陞蘇鐵小灰蝶 (*Chilades pandava peripatria* Hsu)。小灰蝶受限於食草單一性，分佈相當侷限，首次發現於臺東鹿野溪流域之台東蘇鐵自然保留區，因其位於旭日東陞的太平洋西岸—東臺地區而命名之。由於蘇鐵在市場大受歡迎，臺灣原生種蘇鐵供不應求，故由中南半島（主要由越南走私）引進蘇鐵苗木，在廣泛栽植蘇鐵環境下，使小灰蝶族群劇烈變動，造成嚴重生態失衡，目前蹤跡已遍及台灣全島 500 公尺以下之低山地區(圖 6)。

小灰蝶成蟲主要發生期為 4~10 月，飛行敏捷。在春夏之交及初秋蘇鐵長新葉時為其發生盛期，完成一世代需 30 天左右，於 25°C / RH 80% 之生活史卵期  $3.03 \pm 0.03$  日，體長 0.45 mm 體寬 0.25 mm，卵扁圓形，淡藍色。一齡若蟲  $1.9 \pm 0.07$  日，體長 1.36 mm 體寬 0.39 mm 為淡黃褐色，二齡若蟲  $2.03 \pm 0.03$  日，體長 3.21 mm 體寬 1.05 mm，三齡若蟲  $2.10 \pm 0.05$  日，體長 6.64 mm 體寬 2.07 mm，為黃、褐、紅或綠色，四齡若蟲  $4.10 \pm 0.08$  日體長 13.45 mm 體寬 4.31 mm，呈暗紅色。前蛹期 2 日，蛹期  $7.81 \pm 0.12$  日，體長 10.02 mm 體寬 4.67 mm，褐色。成蟲體長 1 cm，翅展約 3 cm。翅正面藍紫色會反光，前翅及外緣黑色，後翅前緣及外緣有外圈為淡藍色的小黑斑，後緣有一細長的尾狀突起，前方並有一較大而明顯的黑斑。翅的腹面灰褐色，近翅基處有數個黑色小斑點，近外緣有 5、6 條白色及褐色波紋，後緣尾狀突起前方有一較明顯的斑點，中心黑色，外圍桔黃色。翅的顏色因溫度不同而會有差異，高溫下孕育羽化的成蟲翅色較深，低溫羽化的成蟲翅色稍淡(謝鳳櫻，2006)。

蘇鐵每年只在春、夏、秋之際發新葉一次，此時小灰蝶因有適當食物，迅速增殖。雌蝶喜於蘇鐵嫩芽上端產卵，卵散產在尚未展開的幼葉上或老葉基部，害蟲密度高時，全株各部位均可能發現卵粒。幼蟲取食新生的葉部或是其他幼嫩組織，偶而亦會鑽入葉肋之中，族群數量多時會危及蘇鐵新芽生長點而影響植株的生長，幼蟲彼此間生存競爭激烈，食物不足時幼蟲間甚至會互相殘食，葉片老化時，不適合取食，小灰蝶密度逐漸降低，僅能靠偶爾抽出的新葉維持極低密度(圖 7)。其體色依食物及周圍微環境的變化而改變，大多為紅色、黃色及綠色，四齡幼蟲成熟後，會鑽進蘇鐵莖幹上濃密的海綿體內化成暗褐色蛹。成蟲飛翔力強，能飛行至附近其他植株尋找產卵場所(徐堉峰等，2000)。小灰蝶生活史各階段，皆有良好的保護方式。幼蟲、蛹階段的避光性、與螞蟻共生現象及食草缺乏時幼蟲生存競爭激烈會互相殘食或縮短變態週期及縮小體型而仍能正常羽化，皆為其延續不息的生存機制(林瑞典，1999)。

## 參、前人研究及相關試驗

### 一、雙色出尾蟲寄主專一性測試

以不同種類介殼蟲進行寄主範圍之測試，將 20 對雙色出尾蟲放入蟲箱內，觀察雙色出尾蟲是否有取食或產卵之行為，24 小時後取出放至於解剖顯微鏡下，觀察是否有卵粒產於介殼內，如有產卵則取出卵粒放置於 5cm 培養皿中(圖 8)，置於 28°C/RH75%

之恆溫箱，孵化後則繼續採集該介殼蟲餌食，看是否雙色出尾蟲幼蟲是否會取食不同種之介殼蟲。測試介殼蟲種類共 18 種，分佈於 4 科 12 屬。測試結果，雙色出尾蟲對於不同寄主可完成生活史者，均與蘇鐵白輪盾介殼蟲屬同一科(盾介科 Diaspididae)，其中以椰子擬輪盾蚧(*Pseudaulacaspis cockerelli* Cooley)、檬果輪盾蚧(*Aulacaspis tubercularis* Newstead)、月桔白輪盾蚧(*Aulacaspis murrayae* Takahashi)、樟白輪盾蚧(*Aulacaspis yabunikkei* Kuwana)及淡薄圓盾蚧殼蟲(*Aspidiotus destructor* Signoret)此五種寄主，取食上述幾種介殼蟲與取食白輪盾介殼蟲之雙色出尾蟲的生活史相較之下並無明顯差異，平均分別為  $36.2\pm 2.2$ 、 $35.7\pm 1.7$ 、 $35.3\pm 3.2$ 、 $35\pm 2.1$  及  $36.5\pm 2.5$  天，而取食白輪盾介殼蟲之雙色出尾蟲的生活史則為  $34.7\pm 2.5$  天(表一)。

## 二、取食功能反應測定

試驗雙色出尾蟲對蘇鐵白輪盾介殼蟲二齡若蟲之捕食功能反應，以蘇鐵白輪盾介殼蟲二齡雌蟲為食餌，於 250c.c 水晶杯中裝入 20、40、60、80 及 100 隻蘇鐵白輪盾介殼蟲(圖 9)，以雙色出尾蟲之雌、雄成蟲為捕食者。捕食者飽食 24 小時後與食餌置於水晶杯中進行功能反應試驗，每處理 20 重複；24 小時後取出，計算該時間內所捕食的數量。實驗環境分別為 20、28 及 32°C 定溫，相對溼度 60%(Howard et al.,1999 ; Bailey, 2006)(圖 10)。結果顯示，於 20、28 及 32°C 中，雌成蟲在食餌密度到達 60 隻二齡介殼蟲的情形下，其捕食量便不再增加，平均捕食量分別為  $12.3\pm 4.0$ 、 $18.1\pm 5.1$ 、 $17.2\pm 4.0$  隻二齡介殼；雄成蟲平均捕食量分別為  $13.2\pm 4.8$ 、 $18.1\pm 5.9$ 、 $16.1\pm 4.8$  隻二齡介殼蟲。

研究也發現，雙色出尾蟲雌、雄成蟲於定溫 20、28 及 32°C 下均屬第 II 型功能反應，食餌的死亡率隨其密度增加而遞減；而以 20°C 捕食量最低，28°C 捕食量最高(圖 11)，其雌、雄成蟲其終生最大捕食量分別為  $289\pm 32.7$  隻及  $183\pm 22.4$  隻雌蘇鐵白輪盾介殼蟲；Donnelly and Phillip 指出天敵移入新環境時對食餌與環境均需要一段適應期，若天敵有較佳環境適應力並對食餌有特定偏好時，有助於天敵對食餌搜索能力的調整(Howard et al.,1999)。

## 三、溫室釋放雙色出尾蟲效果評估測試

試驗以每棵約 2000 隻雌介殼蟲之蘇鐵，分別釋放 5、10、20 對雙色出尾蟲，結果顯示，第 4、2、2 週後，各齡期之蘇鐵白輪盾介殼蟲族群數量均有明顯下降，雌成蟲族群數量分別由  $17.4\pm 4.7$ 、 $25.5\pm 4.5$  及  $67.9\pm 47.8$  降至  $0.2\pm 0.2$ 、 $1.5\pm 0.1$  及  $4.0\pm 2.9$ ，第 6、5、4 週時降至最低點；釋放 10、20 對雙色出尾蟲分別在第 6、5 週後，可能因食物不足造成天敵密度下降(圖 12、13、14)。因此釋放蘇鐵白輪盾介殼蟲之天敵--雙色出尾蟲，其效果顯著，具防治潛力，若能大量飼養並施放天敵來進行生物防治，將能有效抑制蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群數量。

## 四、本土與泰國雙色出尾蟲外觀分辨特徵

臺灣本土之雙色出尾蟲，最早發現為 2005 年 3 月，其地點位於臺東縣的卑南鄉大南村，同年 12 月在臺東縣臺東市跟延平鄉也有發現。

泰國雙色出尾蟲 (*C. nipponicus*):

雄成蟲頭部及前胸背板為黃色。雌成蟲頭部及前胸背板為黑色，腹部尾端較圓(圖 4 a、b)。

本土雙色出尾蟲 (*C. flavocapitis*):

雄成蟲頭部為黃色，前胸背板為黑色。雌成蟲頭部及前胸背板為黑色，腹部尾端較尖(圖 15a、b)。

## 肆、材料與方法

### 一、蘇鐵白輪盾介殼蟲飼育

採集蘇鐵上之白輪盾介殼蟲卵粒，置於單株健康琉球蘇鐵葉片上，讓白輪盾介殼蟲孵化發育後寄生在健康之琉球蘇鐵上(圖 16)，待白輪盾介殼蟲長滿蘇鐵植株後，以感染葉片與健康葉片接觸相互感染，或剪下受感染之蘇鐵葉片放置在健康植株心部，以此步驟繁殖大量白輪盾介殼蟲(圖 17)。

### 二、雙色出尾蟲之繁殖

將長滿白輪盾介殼蟲之蘇鐵移至養蟲帳內，並放入鑑定過之泰國雙色出尾蟲，為供應足夠的食源，每兩星期換入受感染之蘇鐵，供泰國雙色出尾蟲取食(圖 18a)；待泰國雙色出尾成蟲數量足夠時取出，並釋放至長滿白輪盾介殼蟲的大型網室內，進行更大量的繁殖(圖 18b)，以維持固定的泰國雙色出尾蟲產出；之後每月收集泰國雙色出尾蟲並野放至田間。

### 三、臺東延平事業區第 23 林班雙色出尾蟲野放

監測地點為鹿野溪上游臺東縣延平事業區第 23 林班之蘇鐵(圖 19)，沿溪岸易行走之地區設監測區，調查點選擇蘇鐵較集中且害蟲密度較高之區域，每區選定 10~15 株不等之受蘇鐵白輪盾介殼蟲侵害之臺東蘇鐵，並以 GPS 標定(圖 20)，於釋放天敵前先行調查白輪盾介殼蟲族群數量，之後再釋放雙色出尾蟲。

### 四、蘇鐵白輪盾介殼蟲田間族群動態監測

自 2006 年 12 月起開始執行介殼蟲族群動態監測，調查時每株蘇鐵逢機截 10 片小針葉，取中段 5 cm 部位，置於解剖顯微鏡下觀察並計算蘇鐵白輪盾介殼蟲各齡期蟲(卵、一齡若蟲、二齡若蟲，雌成蟲、雄成蟲)之數量(圖 20)。

### 五、雙色出尾蟲田間密度調查

臺東延平事業區第 23 林班內釋放泰國雙色出尾蟲時，每一平台標定 5~10 株受白輪盾介殼蟲危害之臺東蘇鐵植株，並在心部釋放天敵，每單株釋放 400 隻，約 200 對雙色出尾蟲，之後每月調查雙色出尾蟲族群密度，由於當地亦有發現本土雙色出尾蟲蹤跡並且對白輪盾介殼蟲有取食之能力，因此在調查雙色出尾蟲數量時一併列入計算範圍。

## 六、採集樣本統計方法

將田間採回的蘇鐵葉片，利用解剖顯微鏡計算每 5 cm 葉片內各齡期之蘇鐵白輪盾介殼蟲並記錄。將原始資料輸入 Microsoft Excel 建檔。同一地點所採集蘇鐵葉片之葉表及葉背的白輪盾介殼蟲數分別平均並相加，以及每株蘇鐵所目測之雙色出尾蟲數量，彙整數據並製作成表格及曲線圖，由曲線高低來分析蘇鐵白輪盾介殼蟲生物防治之成效。

## 七、東陞蘇鐵小灰蝶大量繁殖

購買寬 7cm 高 35cm 一盆已長新葉的蘇鐵盆栽，置於網室內栽培，定期施肥，促進植株芽點生長。剪取蘇鐵嫩葉插於裝有水的保鮮管內，置入 10°C 的冰箱內保存。由田間採集小灰蝶幼蟲，置於 30×20×20 cm<sup>3</sup> 之養蟲箱內，並供給足夠嫩葉飼養（圖 21）。化蛹時集中於盒內，放入養蟲帳，待羽化成蟲後，再放入未展開的嫩葉供其產卵，並放已開花之蜜源植物或以蜜(糖)水（1：100）代替。

## 八、殺蟲劑對蘇鐵小灰蝶與雙色出尾蟲之忍受性評估

試驗藥劑為對鱗翅目幼蟲有效之 11 種藥劑，詳細資料如表二，評估方式為藥劑濃度可使測試棲群死亡率達 LD<sub>50</sub>（半數致死量）以上，即為有效之藥劑，再依推薦田間施用劑量稀釋 10%、25%、50%（0.1X、0.25X、0.5X），分別測試東陞蘇鐵小灰蝶及雙色出尾蟲致死率及存活數，期篩選出能有效防治小灰蝶且不危及雙色出尾蟲之藥劑，作為綜合防治評估之藥劑。

### （一）不同藥劑對東陞蘇鐵小灰蝶之忍受性測試

測試的 11 種殺蟲劑依植保手冊（表二）推薦田間施用倍數稀釋，於實驗室內測試蘇鐵小灰蝶之卵、四齡及蛹，致死率達 LD<sub>50</sub> 以上即為有效藥劑。

卵試驗：分別將欲測試的卵浸於 11 種藥劑中 10 秒，自然風乾後，置於 50mm 培養皿中（圖 22a、b），另外對照組則以 RO 水試驗，同上述處理方式進行，每試驗以 25 顆卵進行，於風乾 24 小時後觀察卵之孵化數、一齡蟲及二齡蟲的生長與死亡率，持續觀察 5 天。

幼蟲試驗：將 11 種藥劑分別取 1ml 滴於保鮮管中（圖 23），對照組則以 RO 水試驗，用手振盪 5 秒後倒出藥劑自然風乾（圖 24），分別將欲測試之小灰蝶的四齡幼蟲放入管中（圖 25），每管放入 1 蟲體，每試驗以 25 隻進行，於 24 小時後觀察幼蟲之活動力、死亡率，持續觀察 5 天（圖 26）。

蛹試驗：將測試的蛹以紗網包覆浸於 11 種藥劑中 10 秒（圖 27），自然風乾後，置於 50mm 培養皿中，對照組則以 RO 水試驗，同上述處理方式進行，每試驗以 25 隻蛹進行（圖 28），自然風乾後，每 5 隻蛹分別置於 5 個試驗杯中，於 24 小時後觀察蛹之羽化與死亡率，持續觀察 5 天（圖 29）。

### （二）不同濃度藥劑對東陞蘇鐵小灰蝶忍受性測試

經前一試驗之有效藥劑，再依推薦劑量稀釋 10%、25%、50%(0.1X、0.25X、0.5X)，分別試驗東陞蘇鐵小灰蝶卵、四齡及蛹的致死率，觀察是否可達 LD<sub>50</sub> 以上。

卵試驗：將測試的卵分別浸於有效藥劑之不同濃度中 10 秒取出，自然風乾後，置於 50mm 培養皿中，另外對照組則以 RO 水試驗，同上述處理方式進行，每試驗以 25 顆卵進行，於風乾 24 小時後觀察卵之孵化數、一齡蟲及二齡蟲的生長與死亡率，持續觀察 5 天。

幼蟲試驗：將不同濃度藥劑分別取 1 ml 滴於保鮮管中，對照組則以 RO 水試驗，用手振盪 5 秒後倒出藥劑自然風乾，分別將欲測試之小灰蝶的四齡幼蟲放入管中，每管放入 1 蟲體，每試驗以 25 隻進行，於 24 小時後觀察幼蟲之活動力、死亡率，持續觀察 5 天。

蛹試驗：將測試的蛹以紗網包覆浸於不同濃度藥劑中 10 秒，自然風乾後，置於 50mm 培養皿中，對照組則以 RO 水試驗，同上述處理方式進行，每試驗以 25 隻蛹進行，自然風乾後，每 5 隻蛹分別置於 5 個試驗杯中，於 24 小時後觀察蛹之羽化與死亡率，持續觀察 5 天。

### (三) 雙色出尾蟲對施藥後不同時間之忍耐力

經東陞蘇鐵小灰蝶測試篩選所得之藥劑於室外實驗下施藥後，於不同天數觀察雙色出尾蟲對藥劑之容忍力，試驗蘇鐵之平均高度約為 60cm 植株，藥劑依固定比例稀釋 10%、25%、50%、100%(0.1X、0.25X、0.5X、1.0X)，噴灑在蘇鐵植株上 (圖 30)，平均每株噴灑藥量約為 30ml，於第 1、5、10、20 天取下葉片分別置於 50mm 培養皿 (圖 31)，每一培養皿放入雙色出尾蟲雌、雄成蟲各一隻 (圖 32)，於 48 小時後開始觀察其活動力及存活數，達 LD<sub>50</sub> 以下為符合條件之藥劑，推薦作為綜合防治藥劑。

### (四) 資料統計

試驗所得之原始資料輸入 Microsoft Excel 建檔，並計算東陞蘇鐵小灰蝶及雙色出尾蟲 LD 值，試驗數據分析所得將 LD 值製作成表格，並分析評估藥劑施用及天敵施放之時機。

LD=(1-A/B)×100 之公式計算藥劑對昆蟲致死百分比

(LD：Lethal Dose、A：試驗存活的個體數目、B：試驗的個體總量)。

## 伍、結果

### 一、雙色出尾蟲之大量繁殖

於 2005 年 11 月開始進行雙色出尾產出，至 2008 年 10 月止共產出 266,739 隻雙色出尾蟲，已供應屏東 15,734、臺東 16,619 隻、台中 4,851 隻做為繁殖種源及野放 (表三) 及臺東縣延平事業區 229,535 隻 (表四)。97 年至 11 月止已提供 127,174 隻至延平事業

區第 23 林班野放。

## 二、蘇鐵白輪盾介殼蟲田間族群數量調查

延平事業區第 23 林班監測中的蘇鐵植株於每月採樣後計算介殼蟲數量及以目視法估算雙色出尾蟲數量，並求其平均值及標準偏差；結果顯示，介殼蟲初期調查的密度極低，6~8 月則有偏高之趨勢，分別為  $7.66 \pm 11.53$ 、 $14.93 \pm 19.36$ 、 $43.70 \pm 62.21$ 。本土雙色出尾蟲持續監測下除 8 月數量較高  $21.00 \pm 17.00$ ，其他月份則平均約在 8~10 隻之間(表五)。

97 年從 1 至 11 月的監測中發現，經生物防治後的臺東蘇鐵，受危害之老葉表面並沒有發現介殼蟲的蹤跡，還遺留樹上只剩天敵啃食後的白色介殼，且大部份的植株在 1 至 2 月時開始冒出新芽，至 5 月時葉片完全成熟，在蘇鐵心部、新生葉片上並沒有發現到介殼蟲，6~8 月因天氣炎熱使白輪盾介殼蟲生長速度加快，9 月因雙色蟲的防治而使白輪盾介殼蟲的數量不再持續攀升而下降(圖 33)。

## 三、殺蟲劑對蘇鐵小灰蝶與雙色出尾蟲之忍受性評估

### (一) 不同藥劑對東陞蘇鐵小灰蝶之忍受性測試

結果顯示 11 種殺蟲劑以植物保護手冊之推薦用量測試後對小灰蝶卵達  $LD_{50}$  以上有效藥劑為馬拉松、佈飛松、賽滅寧、百滅寧、阿巴汀、因滅汀及汰芬隆 7 種，對四齡幼蟲達  $LD_{50}$  以上為阿巴汀及因滅汀 2 種，對蛹達  $LD_{50}$  以上藥劑為美文松、賽滅寧、百滅寧、阿巴汀及因滅汀，其中賽滅寧、百滅寧及阿巴汀 3 種則對蛹有 100% 的防治效果(表六)。

經前試驗處理後，對小灰蝶卵，四齡幼蟲及蛹達  $LD_{50}$  以上所篩選出之藥劑，分別再稀釋 10%、25% 及 50%，以較低濃度測試東陞蘇鐵小灰蝶對藥劑的容忍力，結果顯示，卵在因滅汀 10% 濃度下致死率為 36% 外其餘皆為 100% (表七)。四齡幼蟲除在因滅汀 10% 濃度下致死率為 20% 外，其它藥劑及濃度致死率皆達 70% 以上(表八)。蛹除在美文松 10%、25% 及因滅汀 10% 濃度下致死率在 50% 以下，其它藥劑及濃度致死率皆達 70% 以上(表九)。

### (二) 雙色出尾蟲對施藥後不同時間之忍受力

經東陞蘇鐵小灰蝶藥劑試驗後，篩選出四種藥劑對小灰蝶幼蟲達  $LD_{50}$  以上之有效藥劑，試驗施藥後不同天數下，雙色出尾蟲雌、雄成蟲對藥劑之忍受力，結果顯示雙色出尾蟲雄成蟲於第一天觀察除賽滅寧及百滅寧在 50% 及 100% 濃度下對雄成蟲具有抑制力外，其他藥劑及濃度對於雄成蟲影響力不大，且在第 10 天後藥劑之影響力亦降至最低(表十)。雌成蟲於第一天觀察除賽滅寧在 50% 及 100% 濃度下對雄成蟲具有抑制力外其他藥劑及濃度對於雌成蟲的抑制力較小，且在第 10 天後藥劑之影響力亦降至最低(表十一)。

## 陸、討論

蘇鐵白輪盾介殼蟲自侵入臺灣本土至今，已有 8~9 年的時間，對於防治該害蟲的行為，亦積極進行中，由早期對於該害蟲之生活史及生態，至引進雙色出尾蟲作為防治白輪盾介殼蟲之天敵，並對該天敵於實驗內進行一系列如生活史、生命表、取食單一性及取食功能性分析試驗及分析，結果顯示雙色出尾蟲對於白輪盾介殼蟲的防治極佳，民國 94 年 6 月申請施放核准後，施放天敵至野外田間並對施放點做長期監測以了解雙色出尾蟲對於台灣環境之立足情形，及自然環境下蘇鐵白輪盾介殼蟲及雙色出尾蟲兩者消長之關係模式。以臺東縣延平事業區第 23 林班為例(圖 34)，自民國 95 年 5 月陸續施放雙色出尾蟲，12 月開始監測白輪盾介殼蟲之族群動態，隔年 9 月開始監測雙色出尾蟲族群密度，並調查兩者消長關係，其結果顯示白輪盾介殼蟲除在 95 年 12 月為發生最高峰以外，其餘時間即使為炎熱天氣，促使白輪盾介殼蟲大發生其族群密度亦不會高過於未使用生物防治的時期，因此足以證明雙色出尾蟲能將白輪盾介殼蟲壓制在低密度下，有效的以生物控制其害蟲之族群密度，除民國 96 及 97 年 6~11 月監測中有偏高的白輪盾介殼蟲族群外，其他時期皆在低密度下，形成此結果的因素極有可能為氣溫較低促使白輪盾介殼蟲休眠，但生物防治之成效仍功不可沒。

目前結果也顯示，每年的春天白輪盾介殼蟲的族群會開始增加，到夏天其族群量會到達最高，嚴重危害蘇鐵。雖然之後其族群會再次下降，但對蘇鐵之危害已造成。介殼蟲之所以會在春天開始增加量之原因，目前還不是很清楚，可能的原因是蘇鐵在春天氣溫回溫，要開始要生長時，會從根部匯集營養殖地上部，此時介殼蟲利用該營養源大量生長。所以未來防治必須針對該時期有一些特別的措施，以增加蘇鐵之防禦能力。在生物防治方面，尤其是利用雙色出尾蟲方面，應該要在春天剛開始時增加釋放量，以便在此時期將介殼蟲之族群控制住，使其無法大量增殖值。

還有就是目前的調查發現，在冬季，無論介殼蟲或是泰國雙色出尾蟲之密度都很低。常常在田間之蘇鐵葉上，調查不到介殼蟲；而泰國雙色出尾蟲之量也很少。在此較低溫之季節，介殼蟲或是泰國雙色出尾蟲是不是會滯育，或是躲藏在蘇鐵莖部之鱗片來過冬等方面之資訊，目前還都缺少。為防治所需，未來有必要深入探討，了解其在本地之生態。

有關監測及評估防治成果方面，通常需要較長時間方能有果效，故不同的防治階段有不同的防治成效考核方式。因本防治方式仍屬於初期之防治階段，所以考核之重點應該在於引進天敵有沒有在野外立足？為使天敵能在野外立足，一般需要多次及多地點的釋放，比較容易得到好效果。釋放地點可包含一些已釋放過的位置，進行再次釋放。同時，也針對一些未曾釋放地點，如鹿野溪下游等地進行釋放。同時，建議多釋放於被感染之成熟（大）蘇鐵樹上，因為該等樹能提供介殼蟲較為充足之食物，讓天敵可以有足夠食物（介殼蟲）生長繁殖，不至於因小樹上之介殼蟲量不足而隨意遷移或餓死。另外，成熟蘇鐵對於未來繁殖後代也扮演重要角色，所以建議多釋放該等樹上。

在 2005 年 3 月，本土的雙色出尾蟲（*C. flavocaputus*）在台東被發現及鑑定確認。但是，對於此種本土的雙色出尾蟲的瞭解，目前的資料非常的少。根據本研究團隊目前的調查發現，在臺東蘇鐵自然保留區及一些其他地區的蘇鐵植株上可以發現雙色出尾蟲。經進一步仔細檢視，發現到蘇鐵植株上找到的出尾蟲大多

是本土的雙色出尾蟲 (*C. flavocaputus*)，其族群量似乎逐漸在建立當中。所以目前在田間，CAS 的天敵至少有兩種，即本地與泰國雙色出尾蟲。鑑於引進之雙色出尾蟲 (*C. nipponicus*) 畢竟是屬於外來物種，雖然其食物主要是一些盾介殼蟲類，但許多學者專家對於外來物種普遍存有疑慮，憂心其對本土其他物種可能引起之衝擊。所以未來是不是有可能以本土的雙色出尾蟲 (*C. flavocaputus*) 替換引進之雙色出尾蟲，來達成控制 CAS 之族群，也是很重要值得探討的方向。過去之監測方式主要是以採樣及現場觀察為主。原來之採樣之區域為臺東蘇鐵自然保留區內延平 23 林班三個平台上，位於平台上約 15 株的台東蘇鐵為採樣及現場觀察之對象。未來規劃擴大取樣區，取樣之範圍包括原有之延平 23 林班，以及位於臺東蘇鐵自然保留區內最東面之延平 19 林班。同時，採樣株數也將擴大，希望每次取樣時間，在每一林班隨機選取 100 株蘇鐵。觀察每一株採樣蘇鐵感染白輪盾介殼蟲之情形，為使感染情形能夠較為量化，未來計畫將感染情形分成四個等級-第一級為無感染（經仔細檢查植株，未能發現任何白輪盾介殼蟲）、第二級為輕微感染（從外表不易看出有感染，經仔細檢查發現有少數白輪盾介殼蟲）、第三級為中度感染（植株外表，葉片處可以很容易看出有感染情形）、及第四級之重度感染（植株外表，特別是葉柄部，有明顯之白輪盾介殼蟲感染情形）。除白輪盾介殼蟲之外，亦同時調查，每一蘇鐵樣株上面，是否有泰國及本土雙色出尾蟲之成蟲出現，以及有多少數量。如此經過一段時間之調查，可以依感染情形，瞭解防治的成效多寡。同時，為瞭解環境因子（如溫濕度及光照等）對天敵與 CAS 族群之影響，也將於每次調查時記錄每樣株周圍之環境因子。

對於防治東陞蘇鐵小灰蝶之施藥與施放雙色出尾蟲進行天敵防治時機方面，於植物保護手冊中選出 11 種對鱗翅目害蟲有防治效果之藥劑以東陞蘇鐵小灰蝶進行藥劑篩選，結果 11 種藥劑中對卵、四齡幼蟲及蛹達 LD<sub>50</sub> 之藥劑共有 8 種，但是對各齡期皆具防治力之藥劑，只有賽滅寧，百滅寧、阿巴汀及因滅汀 4 種藥劑，以此 4 種藥劑對雙色出尾蟲雌、雄成蟲做施藥後不同天數之觀察，結果不論藥劑濃度高低，在施藥 10 天後雌雄成蟲存活率皆在 80% 以上，因此如對蘇鐵之植物進行東陞蘇鐵小灰蝶之綜合防治建議施用賽滅寧，百滅寧、阿巴汀及因滅汀四種藥劑，並於施藥 10 天後施放雙色出尾蟲防治白輪盾介殼蟲，降低雙色出尾蟲因藥劑濃度過高致死。如要降低對土壤及環境所造成之傷害，則以賽滅靈、百滅靈及阿巴汀三種藥劑以推薦田間稀釋倍數分別為 15000、30000 及 20000 倍，亦能對小灰蝶幼蟲造成抑制，且於施藥 10 天後再施放雙色出尾蟲，對雙色出尾蟲亦不會造成太大的影響。

除了評估藥劑對東陞蘇鐵小灰蝶及雙色出尾蟲之測試之外，相關研究亦發現化學藥劑，如 3% 加保扶粒劑可以有效抑制白輪盾介殼蟲之族群，因此也許會有全面以化學藥劑來控制白輪盾介殼蟲之想法。但是，臺東蘇鐵自然保留區之地勢並不適合以動力方式施藥，如以飛機空中噴灑殺蟲劑，則可能會傷害到許多非標的生物，所以藥劑防治應該限於緊急防治之用，只有在白輪盾介殼蟲密度非常高，而且會危害到蘇鐵生存時才使用，在短時間內將白輪盾介殼蟲之族群量壓低。之後，長期的經營管理應該是考慮使用綜合防治，包括如物理及生物等防治方法，來達到控制白輪盾介殼蟲族群之目的。

最後就是，既然 CAS 已在台灣立足快 10 年，是不是還有其他本土的天敵也

開始利用其為食物。所以，探究其他生物天敵防治 CAS 之可能性，以及這些經鑑定後，評估可能可以用在防治上的天敵物種，其培育繁殖及大量生產技術方面之可能性研發，也是相當的重要。目前在野外白輪盾介殼蟲上已經發現一些天敵，如本土雙色出尾蟲、寄生蜂、及瓢蟲類，未來應積極測試其防治效能，作為防治之重要依據。

## 誌謝

本研究承行政院農業委員會防檢局計畫經費補助，試驗期間承台灣大學石正人教授與農委會農業試驗所邱一中先生等協助自泰國引進捕食性雙色出尾蟲，及農委會林務局臺東林區管理處九十七年度委託計畫經費補助，田野調查期間關山工作站同仁及內政部空勤總隊協助，謹此一併致謝。

## 參考文獻

1. 任順祥 郭振中 熊繼文。1991。矢尖蚧及其主要天敵空間格局研究。生態學報。11-2：147-152。
2. 邱一中、吳文哲、石正人。2001。利用 PCR-RFLP 技術鑑定三種白輪盾介殼蟲 (*Aulacaspis* spp.) (同翅目：盾介殼蟲科) 及其在檢疫上之應用。台灣昆蟲 21: 365-375。
3. 邱一中、吳文哲、賴博永、施錫彬、石正人。2004。蘇鐵白輪盾介殼蟲之發生生態及防治。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊：169-191

4. 許迪川。2006。利用雙色出尾蟲防治蘇鐵白輪盾介殼蟲之研究。國立屏東科技大學熱帶農業暨國際合作系碩士論文。83 頁。
5. 林瑞典。1999。東陞蘇鐵小灰蝶記述。自然保育季刊。26：28-33。
6. 徐堉峰、楊平世、藍博倫、吳立偉、許芳瑾。2000。臺東紅葉村臺東蘇鐵自然保留區東陞蘇鐵小灰蝶生態基本資料研究及蝶相（二）。台灣省農林廳林務局保育研究系列 89-11 號。62 頁。
7. 謝鳳櫻。2006。溫度對東陞蘇鐵小灰蝶發育及族群介量之影響。66 頁。
8. 魏映雪。1998。陽明山國家公園菁山遊憩區蝶相及其蜜源植物之研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。61 頁。
9. Bailey, R., and Lai, P. O. 2006. Bionomics of *Cybocephalus nipponicus* Endrody-Younga (Coleoptera: Cybocephalidae) preying on cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Hemiptera: Diaspididae), in Taiwan. 117 pp.
10. Furnashi, K., and Nishino, M. 1983. Biological control of arrowhead scale, *Unaspis yanonensis*, by parasitic wasps introduced from China. *Entomophaga* 28: 277-286.
11. Howard, F. W., and Weissling, T. J. 1999. Questions and answers about the cycad aulacaspis scale insect. *Proc. Fla. St. Hort. Soc.* 112: 243-245.
12. Howard, F. W., Hamon A., McLaughlin, M., Weissling, T., and Yang, S. L. 1999. *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae), a scale insect pest of cycads recently introduced into Florida. *Fla. Entomol.* 82: 14-27.
13. Mayer M., Dorsey T., Scudder T., Bronhard L., 2006. Mass Release and Recovery of *Cybocephalus nipponicus* (Coleoptera: Cybocephalidae) on Elongate Hemlock Scale, *Fiorinia externa*. Annual Report 2006, Phillip Alampi Beneficial Insect Laboratory Division of Plant Industry
14. Shen, C. F., Hill, K. D., Tsou, C. H., and Chen, C. J. 1994. *Cycas taitungensis* sp.

- nov. (Cycadaceae), a new name for the widely known cycad species endemic in Taiwan. Bot. Bull. Acad. Sin. 35: 133-140.
15. Takagi, S. 1977. A new species of *Aulacaspis* associated with a cycad in Thailand (Homoptera: Coccoidea). pp.68-72. In: S. I. Nakao, S. Takagi, T. Tachikawa, and T. Wongsiri (eds). Scale insects collected on citrus and other plants and their hymenopterous parasites in Thailand. Insecta Matsumurana New Series 11: 61-72.
16. Takagi, S. 1990. The adult female. pp. 5-28. In: D. Rosen(ed), Armored Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies And Control. Volume A. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 384 pp.
17. Trevor, R. S. and Ronold, D.C. 2006 Pesticide susceptibility of *Cybocephalus nipponicus* and *Rhyobius lophanthae* (coleoptra: cybocephalidae, coccinellidae), Florida Entomologist. 89-4: 502-507

圖表

表一、雙色出尾蟲(*Cybocephalus nipponicus*)不同寄主之測試

寄主名稱	學名	分類科別	雙色出尾蟲是否		
			取食	產卵	完成生活史
椰子擬輪盾蚧	<i>Pseudaulacaspis cockerelli</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
椽果輪盾盾蚧	<i>Aulacaspis tubercularis</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
月桔白輪盾蚧	<i>Aulacaspis murrayae</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
樟白輪盾蚧	<i>Aulacaspis yabunikkei</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
桑(白)介殼蟲	<i>Pseudaulacaspis pentagona</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
棕櫚圓盾蚧	<i>Hemiberlesia lataniae</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
褐圓盾介殼蟲	<i>Chrysomphalus aonidum</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
半圓堅介殼蟲	<i>Saissetia hemisphaerica</i>	介殼蟲科	×	×	×
桑粉介殼蟲	<i>Pseudococcus comstocki</i>	粉蚧科	×	×	×
埃及吹綿介蟲	<i>Icerya aegyptiaca</i>	碩蚧科	×	×	×

(續)表一、雙色出尾蟲(*Cybocephalus binotatus*)不同寄主之測試

寄主名稱	學名	分類科別	雙色出尾蟲是否		
			取食	產卵	完成生活史
屏東蠣盾介殼蟲	<i>Lepidosaphes yamahoi</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
柿擬輪盾介殼蟲	<i>Pseudaulacaspis takahashii</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
蘇鐵蠣盾介殼蟲	<i>Lepidosaphes cycadicola</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
淡薄圓盾介殼蟲	<i>Aspidiotus destructor</i>	盾蚧科	✓	✓	✓
咖啡硬介殼蟲	<i>Saissetia coffeae</i>	軟蚧科	×	×	×
柑桔介殼蟲	<i>Coccus discrepans</i>	軟蚧科	×	×	×
臀紋粉介殼蟲	<i>Planococcus kraunhiae</i>	粉介科	×	×	×
橘球粉介殼蟲	<i>Nipaecoccus filamentosus</i>	粉介科	×	×	×

表二、藥劑試驗之 11 種殺蟲劑普通名、化學成分、劑型、植保手冊推薦倍數及生產廠商

普通名	化學成分	有效濃度	劑型	植保手冊 推薦倍數	製造廠 商
陶斯松	有機磷劑	40.8%	乳劑	1：1500	興農
美文松	有機磷劑	10%	水溶劑	1：750	惠光
馬拉松	有機磷劑	50%	乳劑	1：1000	興農
佈飛松	有機磷劑	43%	乳劑	1：1000	先正達
賽滅寧	合成除蟲菊類	5%	乳劑	1：1500	惠光
百滅寧	合成除蟲菊類	10%	乳劑	1：3000	興農
加保利	氨基甲酸鹽劑	85%	可濕性粉劑	1：850	興農
因得克	氨基甲酸鹽劑	14.5%	水懸劑	1：2000	杜邦
阿巴汀	生物製劑	2%	乳劑	1：2000	先正達
因滅汀	生物製劑	5%	水溶性粒劑	1：5000	先正達
汰芬隆	昆蟲生長調節 劑	50%	可濕性粉劑	1：750	先正達

表三、雙色出尾蟲產出表

施放日期	雄蟲	雌蟲	產量	累計產量	施放地點
2005 / 11 / 15	150	150	300	300	屏東市
2005 / 12 / 1	150	150	300	600	屏東市
2005 / 12 / 2	150	150	300	900	國立內埔農工
2005 / 12 / 27	150	150	300	1200	國立內埔農工
2005 / 12 / 28	150	150	300	1500	墾丁
2006 / 01 / 02	150	150	300	1800	墾丁
2006 / 01 / 04	150	150	300	2100	屏東市
2006 / 02 / 01	50	50	100	2200	墾丁
2006 / 02 / 01	100	100	200	2400	屏東市
2006 / 02 / 02	150	150	300	2700	墾丁
2006 / 03 / 03	500	500	1000	3700	墾丁
2006 / 03 / 15	50	50	100	3800	墾丁
2006 / 05 / 23	1000	1000	2000	5800	延平事業區第 23 林班
2006 / 06 / 12	1000	1000	2000	7800	延平事業區第 23 林班
2006 / 06 / 16	275	275	550	8350	墾丁
2006 / 06 / 19	500	500	1000	9350	國立屏東科技大學
2006 / 07 / 18	60	76	136	9486	國立屏東科技大學
2006 / 07 / 18	50	50	100	9586	屏東縣山地門鄉
2006 / 07 / 18	60	60	120	9706	國立屏東科技大學
2006 / 08 / 01	25	25	50	9756	國立屏東科技大學
2006 / 08 / 23	620	799	1419	11175	臺東區農業改良場

(續)表三、雙色出尾蟲產出表

施放日期	雄蟲	雌蟲	產量	累計產量	施放地點
2006 / 09 / 13	1000	1000	2000	13175	動植物防疫檢疫局
2006 / 09 / 27	454	574	1028	14203	臺東區農業改良場
2006 / 10 / 02	1004	1041	2045	16248	延平事業區第 23 林班
2006 / 10 / 12	798	1015	1813	18061	臺東區農業改良場
2006 / 10 / 16	492	595	1087	19148	臺東區農業改良場
2006 / 10 / 25	993	1201	2194	21342	臺東區農業改良場
2006 / 11 / 03	1448	1652	3100	24442	延平事業區第 23 林班
2006 / 11 / 16	1682	1819	3501	27943	臺東區農業改良場
2006 / 12 / 07	538	523	1061	29004	動植物防疫檢疫局
2006 / 12 / 09	2442	2638	5080	34084	延平事業區第 23 林班
2006 / 12 / 26	701	620	1321	35405	屏東市
2006 / 12 / 28	203	224	427	35832	屏東市
2006 / 12 / 29	2037	2210	4247	40079	延平事業區第 23 林班
2007 / 01 / 02	901	865	1766	41845	墾丁
2007 / 01 / 15	652	573	1225	43070	國立屏東科技大學
2007 / 01 / 16	209	191	400	43470	高雄畜產試驗所
2007 / 01 / 31	213	259	472	43942	墾丁
2007 / 01 / 31	210	199	409	44351	墾丁
2007 / 02 / 03	2081	2132	4213	48564	延平事業區第 23 林班
2007 / 03 / 03	3569	3469	7038	55602	延平事業區第 23 林班
2007 / 03 / 06	201	532	733	56335	國立屏東科技大學
2007 / 04 / 14	93	98	191	56526	室內試驗

(續)表三、雙色出尾蟲產出表

施放日期	雄蟲	雌蟲	產量	累計產量	施放地點
2007 / 04 / 14	4953	5062	10015	66541	延平事業區第 23 林班
2007 / 05 / 05	5017	5062	10079	76620	延平事業區第 23 林班
2007 / 05 / 10	83	89	172	76792	國立屏東科技大學
2007 / 05 / 24	880	1158	2038	78830	林務局臺東林管處
2007 / 06 / 02	5371	5752	11123	89953	延平事業區第 23 林班
2007 / 07 / 07	4550	4560	9110	99063	延平事業區第 23 林班
2007 / 08 / 05	4918	5112	10030	109093	延平事業區第 23 林班
2007 / 09 / 03	3236	2547	5783	114876	延平事業區第 23 林班
2007 / 09 / 28	5930	3909	9839	124715	延平事業區第 23 林班
2007 / 11 / 10	2313	1897	4210	128925	延平事業區第 23 林班
2007 / 11 / 11	1954	1585	3539	132464	海岸山脈
2007 / 12 / 04	1333	1116	2449	134913	延平事業區第 23 林班
2008 / 01 / 05	5580	4578	10158	145071	延平事業區第 23 林班
2008 / 02 / 01	5242	4850	10092	155163	延平事業區第 23 林班
2008 / 03 / 06	4686	5435	10121	165284	延平事業區第 23 林班
2008 / 04 / 02	4352	5380	9732	175016	延平事業區第 23 林班
2008 / 04 / 16	130	130	260	175276	室內試驗
2008 / 04 / 25	60	60	120	175396	室內試驗
2008 / 04 / 27	200	200	400	175796	室內試驗
2008 / 05 / 02	5991	7064	13055	188851	延平事業區第 23 林班
2008 / 05 / 21	120	120	240	189091	室內試驗
2008 / 05 / 26	200	200	400	189491	室內試驗

(續)表三、雙色出尾蟲產出表

施放日期	雄蟲	雌蟲	產量	累計產量	施放地點
2008 / 06 / 05	80	80	160	189651	室內試驗
2008 / 06 / 06	6805	8252	15057	204708	延平事業區第 23 林班
2008 / 06 / 31	197	208	405	205113	國立中興大學
2008 / 07 / 01	200	200	400	205513	室內試驗
2008 / 07 / 02	200	200	400	205913	室內試驗
2008 / 07 / 04	7468	9200	16668	222581	延平事業區第 23 林班
2008 / 08 / 02	6450	8157	14607	237188	延平事業區第 23 林班
2008 / 08 / 09	103	170	273	237461	延平事業區第 23 林班
2008 / 09 / 10	183	149	332	237793	屏東市
2008 / 09 / 06	3687	5630	9317	247110	延平事業區第 23 林班
2008 / 10 / 04	2738	4439	7177	254287	延平事業區第 23 林班
2008 / 10 / 09	679	706	1385	255672	國立中興大學
2008 / 11 / 07	25	25	50	255722	屏東市
2008 / 11 / 12	50	50	100	255822	屏東市
2008 / 11 / 17	4807	6110	10917	266739	延平事業區第 23 林班

表四、臺東蘇鐵保護區雙色出尾蟲釋放數量

施放日期	每月產量	累計產量	施放地點
2006 / 5 / 23	2000	2000	延平事業區第 23 林班
2006 / 6 / 12	2000	4000	延平事業區第 23 林班
2006 / 10 / 2	2045	6045	延平事業區第 23 林班
2006 / 11 / 3	3100	9145	延平事業區第 23 林班
2006 / 12 / 9	5080	14225	延平事業區第 23 林班
2006 / 12 / 29	4247	18472	延平事業區第 23 林班
2007 / 02 / 03	4213	22685	延平事業區第 23 林班
2007 / 03 / 03	7038	29723	延平事業區第 23 林班
2007 / 04 / 14	10015	39738	延平事業區第 23 林班
2007 / 05 / 05	10079	49817	延平事業區第 23 林班
2007 / 06 / 02	11123	60940	延平事業區第 23 林班
2007 / 07 / 07	9110	70050	延平事業區第 23 林班
2007 / 08 / 05	10030	80080	延平事業區第 23 林班
2007 / 09 / 03	5783	85863	延平事業區第 23 林班
2007 / 09 / 28	9839	95702	延平事業區第 23 林班
2007 / 11 / 10	4210	99912	延平事業區第 23 林班
2007 / 12 / 04	2449	102361	延平事業區第 23 林班
2008 / 01 / 05	10158	112519	延平事業區第 23 林班

(續)表四、臺東蘇鐵保護區雙色出尾蟲釋放數量

施放日期	每月產量	累計產量	施放地點
2008 / 02 / 01	10092	122611	延平事業區第 23 林班
2008 / 03 / 06	10121	132732	延平事業區第 23 林班
2008 / 04 / 02	9732	142464	延平事業區第 23 林班
2008 / 05 / 02	13055	155519	延平事業區第 23 林班
2008 / 06 / 06	15057	170576	延平事業區第 23 林班
2008 / 07 / 04	16668	187244	延平事業區第 23 林班
2008 / 08 / 02	14607	201851	延平事業區第 23 林班
2008 / 08 / 09	273	202124	延平事業區第 23 林班
2008 / 09 / 06	9317	211441	延平事業區第 23 林班
2008 / 10 / 04	7177	218618	延平事業區第 23 林班
2008 / 11 / 17	10917	229535	

表五、臺東縣延平事業區第 23 林班蘇鐵植株介殼蟲及天敵觀察數(2008)

月份	介殼蟲(5 公分小葉)	泰國天敵(全株)	本土天敵(全株)
一月	1.56 ± 3.35	12.00 ± 3.27	0
二月	0.06 ± 0.19	4.67 ± 5.91	1.33 ± 1.25
三月	0.15 ± 0.45	3.33 ± 1.70	10.33 ± 4.03
四月	0.05 ± 0.08	1.00 ± 1.41	4.67 ± 2.05
五月	0	0	8.00 ± 5.10
六月	7.66 ± 11.53	0	8.33 ± 5.79
七月	14.93 ± 19.36	1.00 ± 0.82	0
八月	43.70 ± 62.21	1.00 ± 0.87	11.00 ± 17.00
九月	17.00 ± 28.97	0	4.00 ± 5.33
十月	-	-	-
十一月	16.00 ± 21.49	0	3.00 ± 4.56

-：無監測數據

表六、11 種藥劑對小灰蝶幼蟲不同齡期之死亡率

名稱	致死率 (%)		
	卵至二齡蟲	四齡蟲	蛹
陶斯松	28	44	8
美文松	40	36	84
馬拉松	100	28	0
佈飛松	100	32	0
賽滅寧	100	12	100
百滅寧	100	28	100
加保利	28	4	0
因得克	36	36	36
阿巴汀	100	100	100
因滅汀	100	100	84
汰芬隆	100	40	8
對照組	8	0	0

表七、7種對小灰蝶卵至二齡幼蟲達LD<sub>50</sub>之藥劑以三種不同濃度測試其死亡率

名稱	致死率(%)			
	濃度	10%	25%	50%
馬拉松		100	100	100
佈飛松		100	100	100
賽滅寧		100	100	100
百滅寧		100	100	100
阿巴汀		100	100	100
因滅汀		36	100	100
汰芬隆		100	100	100
對照組			8*	

\*：無濃度處裡下死亡率

表八、2 種對小灰蝶四齡幼蟲達 LD<sub>50</sub> 之藥劑以三種不同濃度測試其死亡率

名稱	致死率 (%)			
	濃度	10%	25%	50%
阿巴汀		80	100	100
因滅汀		20	72	100
對照組			0*	

\*：無濃度處裡下死亡率

表九、5 種對小灰蝶蛹達 LD<sub>50</sub> 之藥劑以三種不同濃度測試其死亡率

名稱	致死率 (%)			
	濃度	10%	25%	50%
美文松		44	48	80
賽滅寧		100	100	100
百滅寧		100	100	100
阿巴汀		100	100	100
因滅汀		8	76	80
對照組			0*	

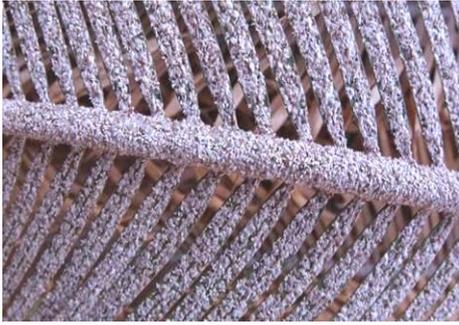
\*：無濃度處裡下死亡率

表十、4種藥劑試驗雙色出尾蟲雄成蟲之存活率

藥品名	試驗倍數	第 1 天	第 5 天	第 10 天	第 20 天
賽滅寧	0.1X	89	100	100	100
	0.25X	89	78	100	100
	0.5X	33	67	100	100
	1X	22	44	100	100
百滅寧	0.1X	89	78	89	89
	0.25X	78	89	89	100
	0.5X	33	56	100	100
	1X	22	78	100	100
阿巴汀	0.1X	100	100	100	100
	0.25X	100	89	100	100
	0.5X	67	100	100	89
	1X	89	67	100	100
因滅丁	0.1X	100	89	100	89
	0.25X	89	89	100	100
	0.5X	78	89	100	100
	1X	78	78	100	89
對照組	0X	90	90	100	100

表十一、4種藥劑試驗雙色出尾蟲雌成蟲之存活率

藥品名	試驗倍數	第 1 天	第 5 天	第 10 天	第 20 天
賽滅寧	0.1X	100	100	100	100
	0.25X	100	100	100	89
	0.5X	56	100	100	100
	1X	33	33	100	100
百滅寧	0.1X	89	100	89	89
	0.25X	100	100	100	100
	0.5X	89	89	100	100
	1X	67	78	100	100
阿巴汀	0.1X	78	100	89	89
	0.25X	100	100	100	100
	0.5X	67	78	100	89
	1X	100	67	100	100
因滅丁	0.1X	100	89	100	100
	0.25X	78	89	100	89
	0.5X	89	78	100	100
	1X	100	78	100	100
對照組	0X	78	78	78	100



(a)



(b)

圖 1、蘇鐵白輪盾介殼蟲危害狀，彷彿一層雪花覆蓋其上 (a)，圖放大 40 倍 (b)。



(a)



(b)

圖 2、受蘇鐵白輪盾介殼蟲危害使植株倒伏 (a)，一年後即枯死 (b)。

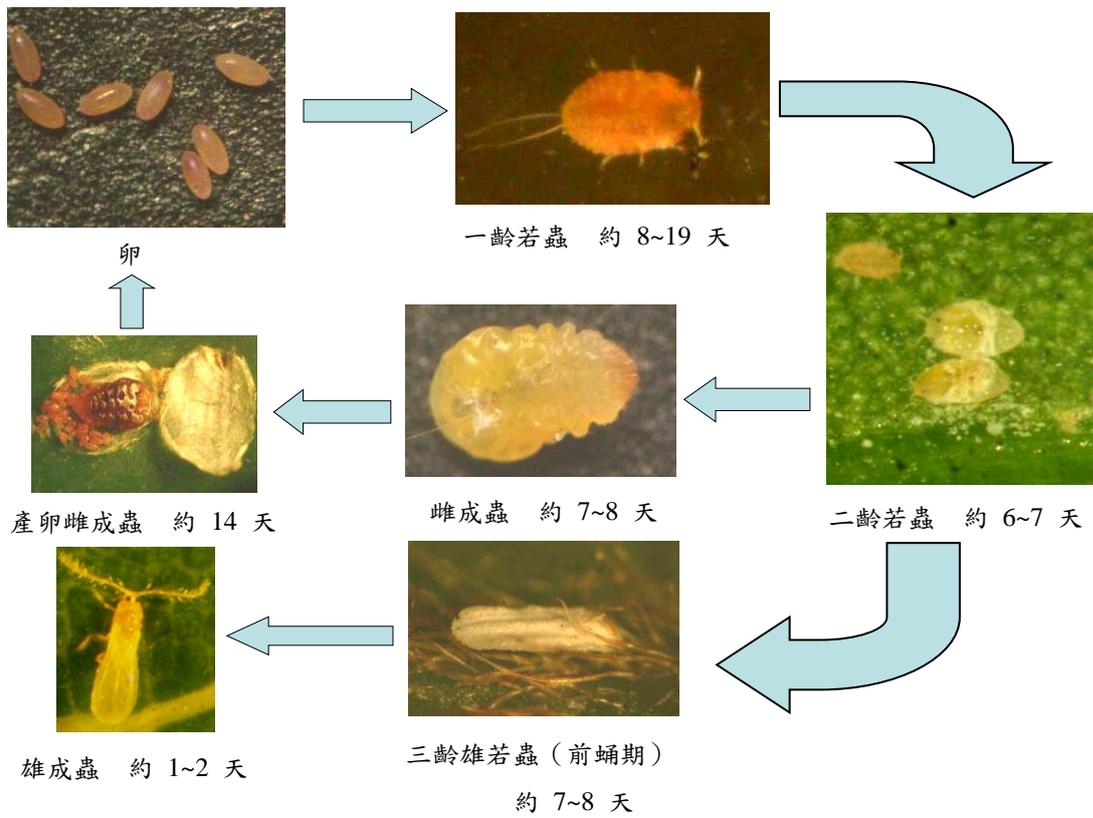


圖 3、蘇鐵白輪盾介殼蟲於 25°C/RH 60% 之生活史。



(a)



(b)

圖 4、雙色出尾蟲型態特徵，雄成蟲頭部及前胸背板全為黃色 (a)，雌成蟲全為黑色 (b)。

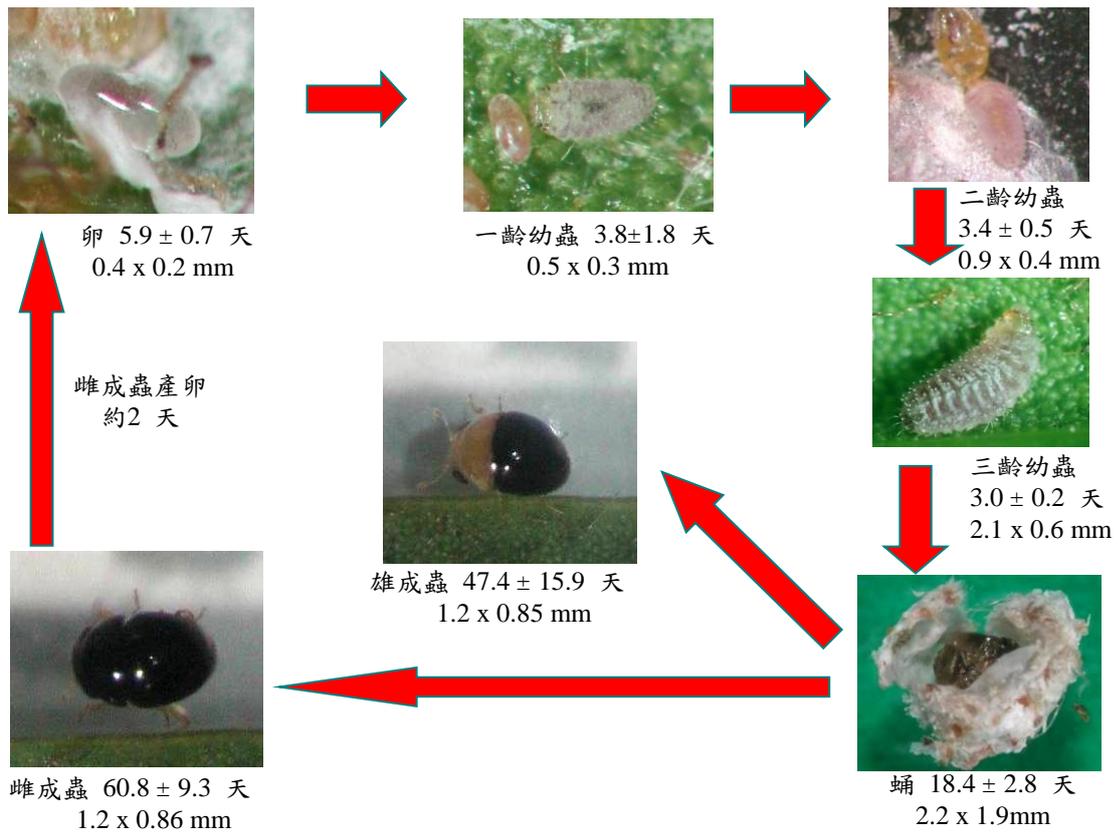


圖 5、雙色出尾蟲於 28°C/RH 75% 之生活史。



圖 6、東陞蘇鐵小灰蝶



圖 7、東陞蘇鐵小灰蝶幼蟲危害

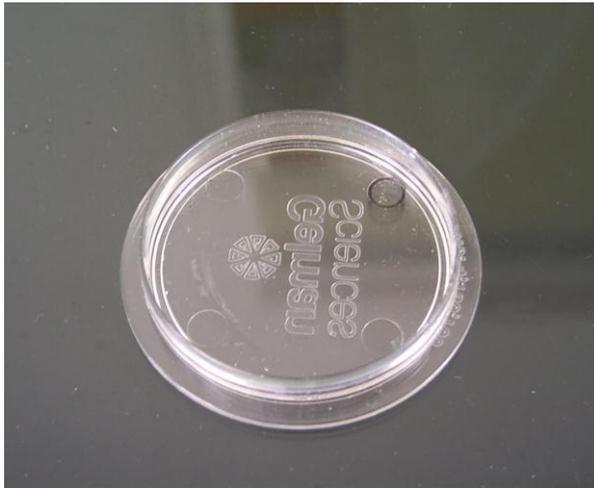


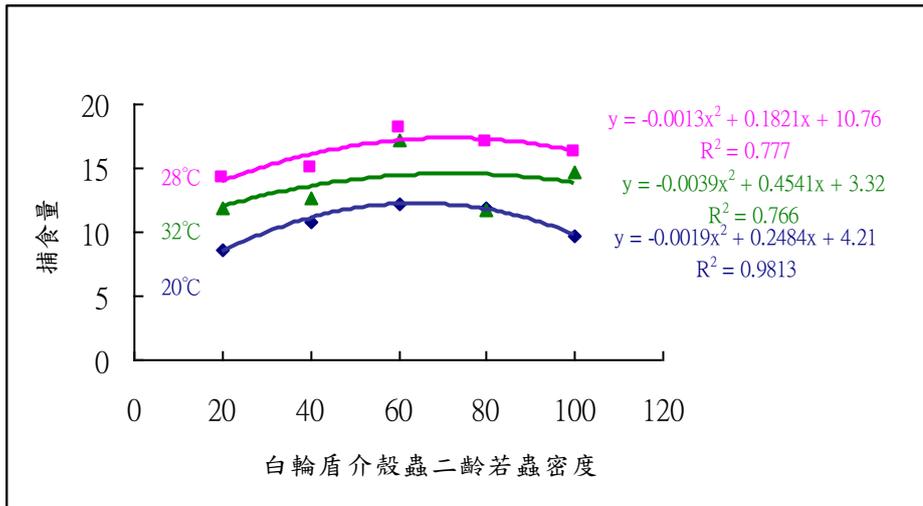
圖 8、將卵粒放至於黑圈內。



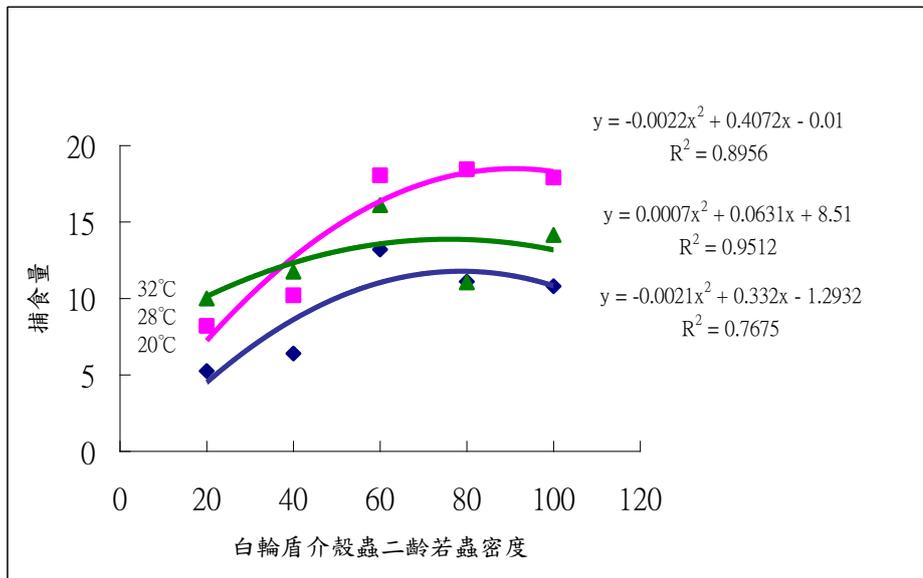
圖 9、每一水晶杯置入不同食餌密度並放入雙色出尾蟲。



圖 10、恆溫生長箱，定溫在 20、28、32°C，60%RH 環境下進行。



(a)



(b)

圖 11、雙色出尾雌、雄成蟲取食之功能反應，雙色出尾雌成蟲 (a)、  
雙色出尾雄成蟲 (b)。

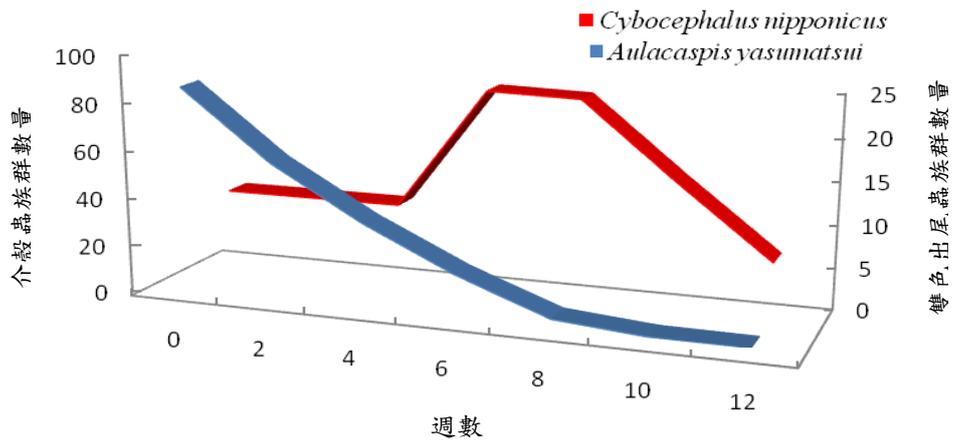


圖12、溫室釋放五對雙色出尾蟲釋放前後之蘇鐵白輪盾介殼蟲族群數量調查。

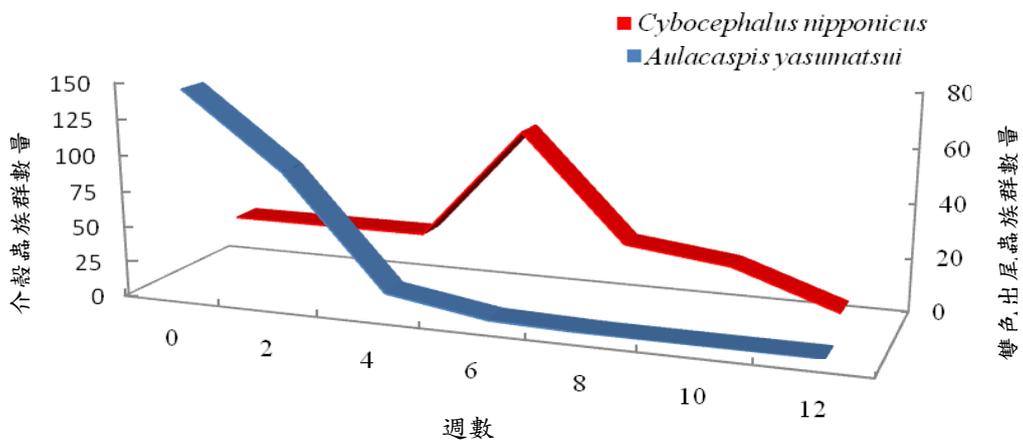


圖13、溫室釋放十對雙色出尾蟲釋放前後之蘇鐵白輪盾介殼蟲族群數量調查。

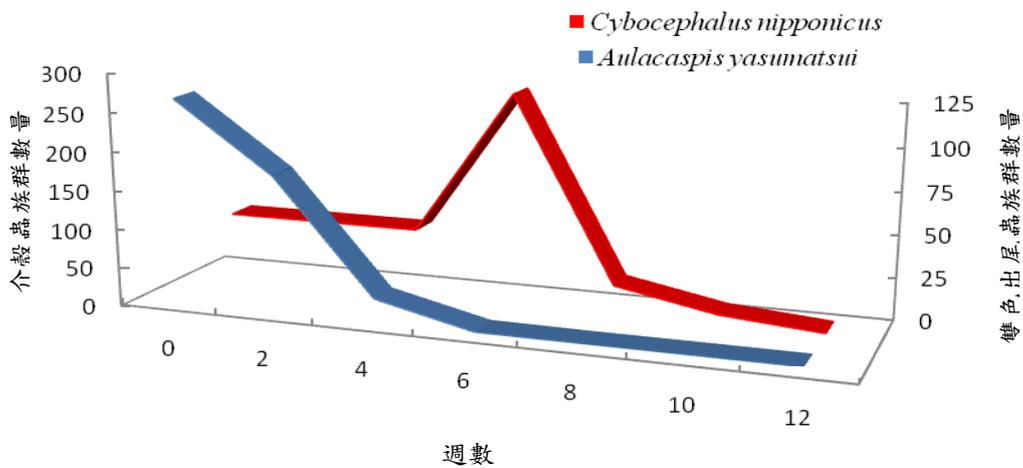


圖14、溫室釋放二十對雙色出尾蟲釋放前後之蘇鐵白輪盾介殼蟲族群數量調查。



(a)



(b)

圖15、本土雙色出尾蟲型態特徵，雄成蟲頭部為黃色(a)，雌成蟲尾部略尖(b)。



圖 16、採集臺東蘇鐵上之白輪盾介殼蟲卵感染至蘇鐵植株。



圖 17、將含白輪盾介殼蟲之葉片置於健康植株上使其大量增殖。



(a)



(b)

圖 18、將鑑定過之雙色出尾蟲放入已長滿蘇鐵白輪盾介殼蟲之蘇鐵養蟲箱中小量繁殖 (a)，再擴增設備進行大量繁殖 (b)。



圖 19、臺東縣延平事業區第 23 林班監測樣區衛星示意圖

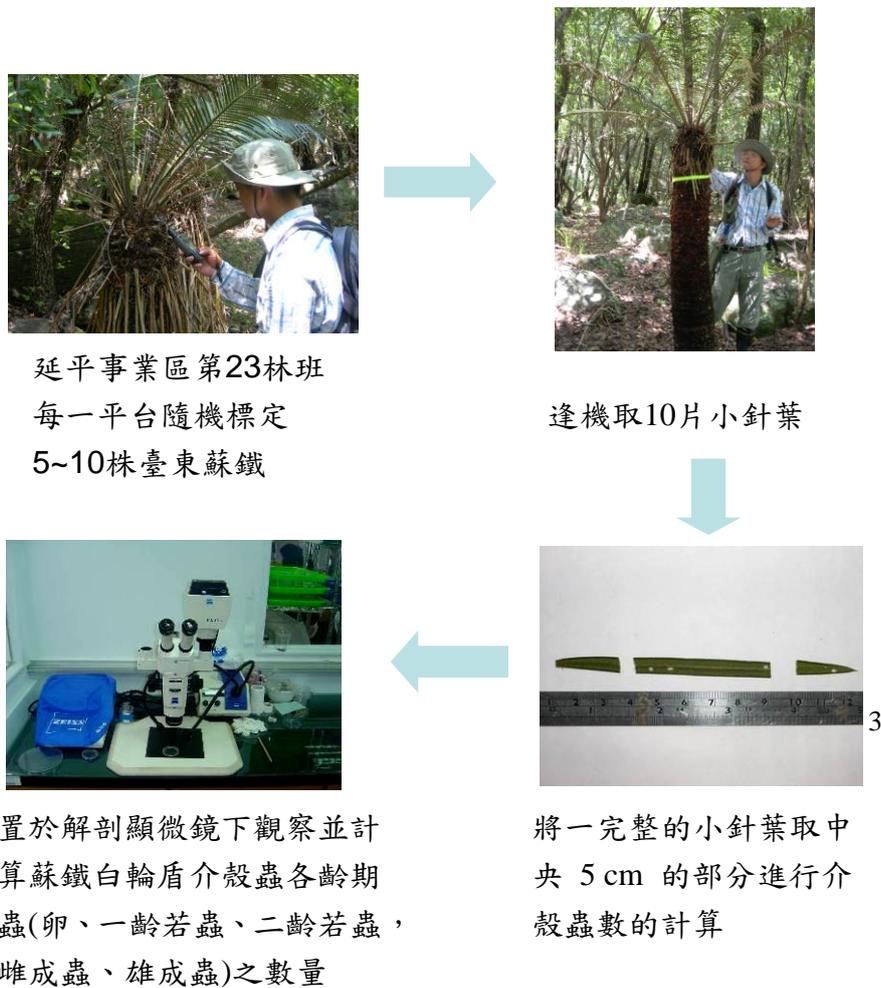


圖20、釋放前蘇鐵白輪盾介殼蟲之田間族群數量調查流程。



(a)



(b)

圖 21、大量繁殖東陞蘇鐵小灰蝶，幼蟲於養蟲盒內(a)、成蟲於養蟲帳內產卵(b)。



圖 22、40X 下的東陞蘇鐵小灰蝶卵粒(a)、將測試的卵浸於藥劑中 10 秒風乾後，置於 5cm 培養皿中(b)。



圖 23、取 1 ml 之 1X 濃度的 12 種藥劑滴於保鮮管中。



圖 24、用手振盪 5 秒後倒出藥劑自然風乾。



圖 25、分別將測試之小灰蝶的四齡幼蟲放入管中。



圖26、於24小時後觀察幼蟲之活動力、死亡率。



圖 27、將測試的蛹以紗網包覆浸於1X  
濃度之藥劑 10 秒。



圖 28、自然風乾後，每5隻蛹分  
別置於5個試驗杯中。



圖 29、於24小時後觀察蛹  
之羽化與死亡率。



圖 30、藥劑依固定比例稀釋噴灑在植株上，  
平均每株噴灑藥量約為 30ml。



圖 31、不同天數取下葉片分別置於  
50mm 培養皿



圖 32、每一培養皿放入雙色出尾蟲  
雌、雄成蟲各一隻，48 小時  
後開始觀察存活數。

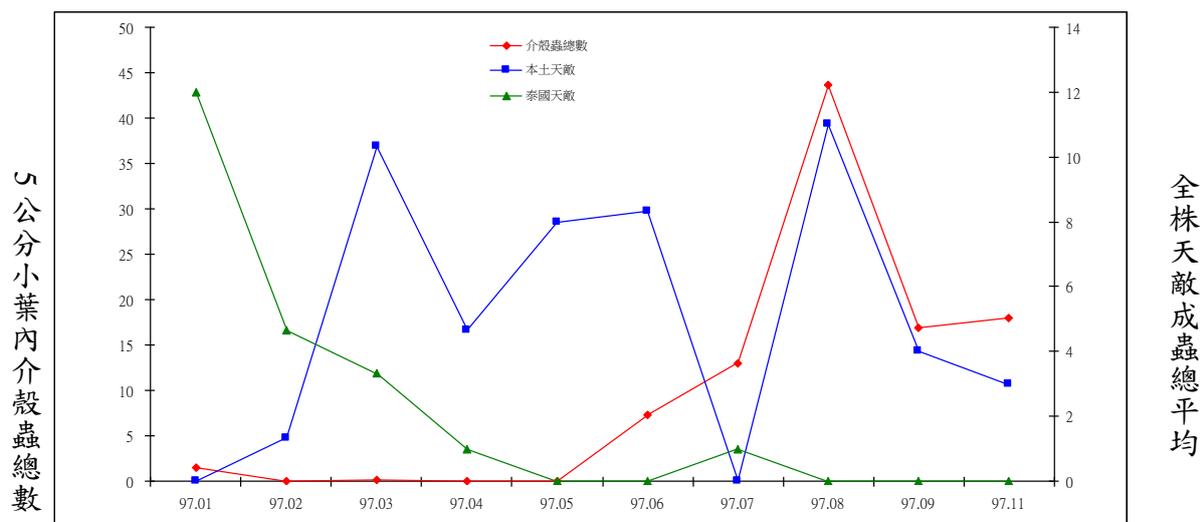


圖33、97年延平事業區第23林班白輪盾介殼蟲與雙色出尾蟲族群密度消長

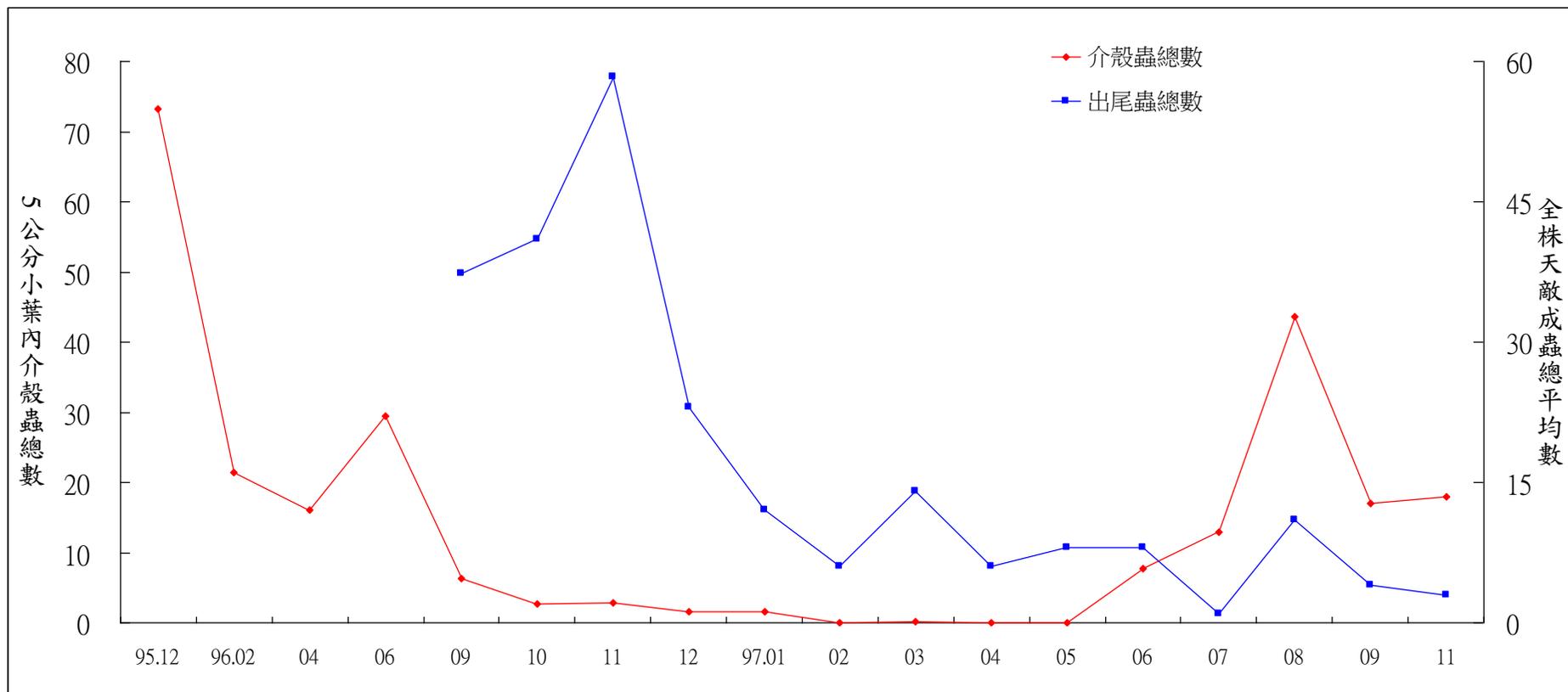


圖34、延平事業區第23林班白輪盾介殼蟲與雙色出尾蟲密度消長