

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 99-07-5-01

蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群密度監測及捕食性天敵出
尾蟲之防治評估

Population monitoring of the cycad scale *Aulacaspis*
yasumatsui and control assess using the predatory beetles



委託機關：行政院農業委員會林務局臺東林區管理處

執行機關：國立中興大學昆蟲學系

中華民國 100 年 6 月

中文摘要

本研究計畫之主要目的是在利用過去累積的實務經驗以及研究成果，進行臺東縣延平事業區 19 林班以及 23 林班之蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群密度監測及捕食性天敵出尾蟲之防治評估。本研究於計畫執行期間，已提供林務局臺東林區管理處 12,000 隻臺灣方頭出尾蟲 (*Cybocephalus flavocapitis*)，於臺東縣延平事業區 19 林班以及 23 林班野外釋放，以進行蘇鐵白輪盾介殼蟲之生物防治所用。在監測臺東縣延平事業區第 19 與 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲及其天敵雙色出尾蟲族群消長方面，雖然最初 7 月調查樣株之蘇鐵白輪盾介殼蟲族群量偏高，但是之後有逐漸下降之趨勢。在白輪盾介殼蟲齡期結構方面，19 林班之蘇鐵白輪盾介殼蟲是以卵及一齡游走幼蟲在 8 月份最多，之後逐月下降。23 林班之蘇鐵白輪盾介殼蟲卵及一齡游走幼蟲則在 7 月份最多，之後逐月下降。固著一齡幼蟲則在 11 月最高。臺東蘇鐵之平均感染程度則以 23 林班在 7 月份較為嚴重，但亦逐月下降，19 林班則感染程度較為輕微。泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較方面，以泰國雙色出尾蟲較優。泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究結果發現，亦以泰國雙色出尾蟲為優。寄生蜂採集部份，目前採到兩種，其中一種經鑑定發現為屬於膜翅目 (Hymenoptera) 絛小蜂科 (Eulophidae) *Pediobius* 屬的出尾蟲蛹寄生蜂 (*Pediobius* sp.)，另外一種則尚未鑑定出。物候觀察部份，由於 19 林班以及 23 林班秋冬之際較為乾燥，因此臺東蘇鐵葉片通常會由翠綠轉為黃化，至 4、5 月份後新葉產生。

關鍵字：臺東蘇鐵、蘇鐵白輪盾介殼蟲、泰國雙色出尾蟲、臺灣方頭出尾蟲、物候、寄生蜂

Abstract

The purpose of this research project was to apply the past experience to monitor the population dynamic of SPB (Scale Picnic Beetle, SPB) and CAS (Cycad Aulacaspis Scale, CAS), and to evaluate the effect of control. This project already provided 12,000 insects of *Cybocephalus flavocapitis* to the Taitung Forestry Bureau to release in Yanping working circle 19 and 23 compartment for biological control since July, 2010. The monitoring result on population dynamic of CAS and its natural enemy SPB showed that the population density of the CAS achieved the peak point during July, 2010. Ambient temperature decreases caused the population density of CAS to decline. The instar structure curve of CAS, eggs, and crawlers achieved their peaks in August in 19 and 23 compartments, and declined afterward. The fixed first instar achieves the top point in November. An average infection rate of 23 compartment was higher than 19 compartment. Parastic wasp collection only got two specimen during the collection period. One species has been identified as the pupal parasitic wasp (*Pediobius* sp.) of the *Cybocephalus* beetles. Phenology observation showed the leaf color of the *Cycas taitungensis* turned yellow during autumn and winter. Fresh new leaves came out after April.

Keyword: *Cycas taitungensis*; *Aulacaspis Yasumatsui*; *Cybocephalus nipponicus*; *Cybocephalus flavocapitus*; Phenology; Parasitic wasp

研究團隊說明

計畫主持人：黃紹毅

國立中興大學昆蟲系 教授

研究人員：宋欣穎、李勝雲、楊靜慧

國立中興大學昆蟲系 研究助理

目錄

目錄	5
表目錄	7
圖目錄	9
壹、前言	11
貳、材料與方法	13
一、蘇鐵白輪盾介殼蟲飼育	13
二、雙色出尾蟲之繁殖	13
三、臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區 19 及 23 林班之感染程度調查及氣候監測	13
四、蘇鐵白輪盾介殼蟲田間族群動態監測	13
五、雙色出尾蟲田間族群密度調查	13
六、植株感染程度調查	14
七、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較	14
八、採集樣本處理及統計方法	14
九、臺東蘇鐵之物候觀察	14
十、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究，並進行綜合防治方法 (Integrated Pest Management ; IPM) 之制定	15
十一、兩種出尾蟲之雜交試驗	15
十二、國內外文獻收集	15
十三、蘇鐵白輪盾介殼蟲之寄生蜂採樣	16
十四、數據統計分析	16
參、結果	17
一、天敵繁殖 (臺灣方頭出尾蟲大量繁殖)	17
二、臺東紅葉村臺東蘇鐵自然保留區內白輪盾介殼蟲及天敵之族群數量監測	17
三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較	19
四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究	19

五、臺東蘇鐵之物候觀察	20
六、雜交試驗	20
七、國內外文獻蒐集	21
八、蘇鐵白輪盾介殼蟲之寄生蜂採集	21
九、綜合防治方法 (Integrated Pest Management ; IPM) 之制定	21
肆、討論	22
一、天敵繁殖 (臺灣方頭出尾蟲大量繁殖) 方面	22
二、野外監測評估	22
三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較	22
四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究	22
五、國內外文獻之蒐集	23
伍、結論	24
陸、誌謝	24
柒、參考文獻	25
捌、表	27
玖、圖	38
拾、附錄	60
附錄一、國內外文獻蒐集	60
附錄二、臺東蘇鐵綜合防治之作業程序	63
附錄三、短時間內大量繁殖泰國雙色出尾蟲並於 5~6 月釋放於延平事業區 19 林班及 23 林班之計畫及評估	68
附錄四、期中報告會議紀錄	70
附錄五、期末報告會議紀錄	73

表目錄

表一、2006~2011 年臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區出尾蟲釋放數量 (隻)	27
表二、2010 年 7 月~2011 年 7 月臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區臺灣方頭出尾蟲釋放數量 (隻)	27
表三、2010 年 7 月~2011 年 7 月臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區臺灣方頭出尾蟲釋放數量 (隻)	28
表四、2010 年 8 月~2011 年 5 月蘇鐵白輪盾介殼蟲及雙色出尾蟲田間族群動態監測	28
表五、2010 年 7 月~2011 年 4 月蘇鐵白輪盾介殼蟲及雙色出尾蟲田間族群動態監測	29
表六、2010 年 8 月~2011 年 5 月延平事業區第 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構	29
表七、2010 年 8 月~2011 年 5 月延平事業區第 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構	30
表八、2010 年 7 月~2011 年 4 月延平事業區第 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構	30
表九、2010 年 7 月~2011 年 4 月延平事業區第 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構	30
表十、2010 年 8 月~2011 年 5 月延平事業區第 19 林班臺東蘇鐵平均感染率	31
表十一、各月平均濕度及平均高低溫	31
表十二、每月平均高溫高於 20 度以及低溫低於 15 度之天數	32
表十三、2010 年 7 月~2011 年 4 月延平事業區第 23 林班臺東蘇鐵平均感染率	32
表十四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較	32
表十五、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲)	33
表十六、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (10 對泰國雙色出尾蟲與 10 對臺灣方頭出尾蟲)	33
表十七、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲)	34
表十八、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲)	34
表十九、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲)	35
表二十、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾	

蟲)	35
表二十一、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲)	35
表二十二、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對臺灣方頭出尾蟲)	36
表二十三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對臺灣方頭出尾蟲)	36
表二十四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲雜交試驗	36
表二十五、蒐集到的國內外文獻	37

圖目錄

圖一、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2006 年 12 月至 2011 年 5 月)	38
圖二、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2007 年)	38
圖三、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2008 年)	39
圖四、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2009 年)	39
圖五、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2010 年)	40
圖六、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2011 年)	40
圖七、2010 年 8 月至 2011 年 5 月延平事業區 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群消長圖	41
圖八、2010 年 7 月至 2011 年 4 月延平事業區 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群消長圖	41
圖九、2010 年 8 月至 2011 年 5 月延平事業區 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構動態圖	42
圖十、2010 年 8 月至 2011 年 5 月延平事業區 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構動態圖	42
圖十一、延平事業區 19 林班臺東蘇鐵平均感染程度圖十二、延平事業區 23 林班臺東蘇鐵平均感染程度	43
圖十二、延平事業區 23 林班臺東蘇鐵平均感染程度	43
圖十三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較 (泰國雙色出尾蟲)	44
圖十四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較 (臺灣方頭出尾蟲)	44
圖十五、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲)	45

圖十六、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (10 對泰國雙色出尾蟲與 10 對臺灣方頭出尾蟲)	45
圖十七、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲)	46
圖十八、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲)	46
圖十九、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲)	47
圖二十、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲)	47
圖二十一、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲)	48
圖二十二、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對臺灣方頭出尾蟲)	48
圖二十三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對臺灣方頭出尾蟲)	49
圖二十四、延平事業區 23 林班七月	49
圖二十五、延平事業區 19 林班八月	50
圖二十六、延平事業區 23 林班九月	51
圖二十七、延平事業區 19 林班十月	52
圖二十八、延平事業區 23 林班十一月	53
圖二十九、延平事業區 19 林班十二月	53
圖三十、延平事業區 19 林班一月	54
圖三十一、延平事業區 19 林班二月	55
圖三十二、延平事業區 19 林班三月	56
圖三十三、延平事業區 23 林班四月	57
圖三十四、延平事業區 23 林班五月	58
圖三十五、2010 年 9 月至 2011 年 5 月平均高低溫	59
附錄 1~3	60

壹、前言

蘇鐵白輪盾介殼蟲緣起於泰國，但該介殼蟲對當地的蘇鐵並未造成嚴重危害。原因可能是因為在當地之蘇鐵白輪盾介殼蟲族群受到該地天敵的控制，長期都維持於低密度之下 (Takagi, 1977; Marler and Moore, 2010)。由於國際貿易日趨昌盛，蘇鐵之進出口亦日趨頻繁。尤其是琉璃蘇鐵 (*Cycas revoluta*) 因為造型優美，成為園藝造景上重要的植物。更因為琉璃蘇鐵在國際上之大量栽培及種植，使得蘇鐵白輪盾介殼蟲之擴散更為廣泛，危害益形嚴重 (Marler and Moore, 2010)。除原有的分佈區外，蘇鐵白輪盾介殼蟲近來已擴散到非洲地區 (Germain and Hodges, 2007)。在防治部分，目前對於蘇鐵白輪盾介殼蟲的防治，還沒有一個更完善的對策。化學防治部分，研究發現，可以使用益達胺 (imidacloprid) 與賽滅松 (dimethoate) 等作為噴灑植株作為防治之用 (Gladwell, 2003; Tattar and Farran, 2007)；除此之外，就是使用各種寄生 (寄生蜂) 及捕食性天敵 (瓢蟲) 進行防治 (Gladwell, 2003; Emshausen *et al.*, 2004; Cave, 2006)。

為緊急防治此蟲，台灣於2003年9月自泰國引進蘇鐵白輪盾介殼蟲之捕食性天敵——泰國雙色出尾蟲 (*Cybocephalu nipponicus*)，以便對蘇鐵白輪盾介殼蟲進行生物防治。期盼藉由該雙色出尾蟲之作用，能夠減緩蘇鐵白輪盾介殼蟲對臺灣蘇鐵類植物的危害，並減少大量施用農藥對環境所造成之衝擊。本研究團隊於過去幾年大量飼養及繁殖雙色出尾蟲，於2005年10月起陸續野放天敵，曾於臺東及其他地區野放，目前泰國雙色出尾蟲已於台灣各地之蘇鐵上立足且順利自行繁殖。

雖然泰國雙色出尾蟲已於台灣各地立足，應用泰國雙色出尾蟲似乎也已初步達成一些控制效果。但距離達到真正有效防治蘇鐵白輪盾介殼蟲方面，仍有一大段距離，還有許多問題待解決。主要是在引進之泰國雙色出尾蟲之施放數量、施放區域之選定、及調查取樣等方面仍有調整空間。另外，臺灣方頭出尾蟲 (*C. flavocaputus* T. R. Smith) 也於2005年3月期間於臺東發現並鑑定。然而，對於臺灣方頭出尾蟲的研究資料較少。尤其是其對蘇鐵白輪盾介殼蟲之防治效能部分，更需要一完整之評估。本計畫亦嘗試開始大量飼育臺灣方頭出尾蟲，作為釋放防治之參考依據。最後，是這兩種出尾蟲可能都在野外出現，因為其生態區為非常類似，會不會產生一些如競爭等之交互作用，也是需要深入瞭解。

本研究之目的主要為 (1) 蘇鐵白輪盾介殼蟲於臺東紅葉村臺東蘇鐵自然保留區危害及本土臺灣方頭出尾蟲之族群數量與消長監測。(2) 改良本土臺灣方頭出尾蟲大量

繁殖之技術，釋放出尾蟲於臺東蘇鐵自然保留區外之蘇鐵園區，以評估兩種出尾蟲之防治效果。本年度的工作項目除了加強上述的兩個重要研究方向項要點外，另外亦會探討蘇鐵保留區內蘇鐵的物候狀況，以及兩種出尾蟲防治效果的比較。同時也會探討兩種出尾蟲雜交之可能性，並且留心蘇鐵白輪盾介殼蟲寄生蜂的發生及採樣。最後，協助進行綜合防治方法 (Integrated Pest Management ; IPM) 之制定與撰寫及提出具體可行之防治方向或行動方案。

貳、材料與方法

一、蘇鐵白輪盾介殼蟲飼育

採集蘇鐵上之蘇鐵白輪盾介殼蟲卵粒，置於單株健康琉球蘇鐵葉片上，讓白輪盾介殼蟲孵化後固著於植株上，待蘇鐵植株由介殼蟲覆蓋後，與健康植株相互接觸感染，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。

二、臺灣方頭出尾蟲之繁殖

將佈滿蘇鐵白輪盾介殼蟲之蘇鐵移至養蟲帳內，並放入鑑定過之臺灣方頭出尾蟲飼養。為供應足夠的食源，每兩星期換入受感染之蘇鐵，供臺灣方頭出尾蟲取食；待臺灣方頭出尾蟲數量足夠時收集成蟲，釋放至佈滿蘇鐵白輪盾介殼蟲的大型網室內，進行更大量的繁殖，以維持固定的臺灣方頭出尾蟲產出；之後每月收集臺灣方頭出尾蟲並施放至野外。計畫每個月產量 1,000 隻左右，提供給關山工作站每月釋放 1,000 隻於臺東蘇鐵自然保留區。

三、臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區 19 及 23 林班之感染程度調查及氣候監測

臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區 19 及 23 林班位於臺東縣鹿野溪上游，沿溪岸臺東蘇鐵分布之地區設置監測樣區。除原有之 15 株蘇鐵外，另在 2~3 個永久樣區內選取 3 株蘇鐵於釋放天敵前先行採樣調查，每一樣株並以全球衛星定位系統標定。每一株蘇鐵調查時分別紀錄蘇鐵大葉的葉數、天敵數量、受感染之程度。另外，架設微氣候自動記錄裝置於臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區 19 及 23 林班內記錄微氣候變化。

四、蘇鐵白輪盾介殼蟲田間族群動態監測

自 2010 年 7 月起開始執行介殼蟲族群動態監測，調查時每株蘇鐵逢機選取靠近心部 5 片小針葉，取中段 50 × 5 mm 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、雄若蟲）數量。

五、臺灣方頭出尾蟲田間族群密度調查

於臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區 19 及 23 林班內釋放臺灣方頭出尾蟲時，

每樣區標定 5 株受白輪盾介殼蟲危害之臺東蘇鐵植株，在樹冠中心部位釋放天敵，所有樣區每個月釋放 1,000 隻，之後每兩個月調查臺灣方頭出尾蟲族群密度。

六、植株感染程度調查

在植株感染程度方面，依感染情形將調查之植株分成五個等級：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）、第四級為重度感染（植株外表，特別是葉柄部，有明顯之白輪盾介殼蟲感染情形）、及第五級之嚴重感染（植株外表，特別是葉柄部，已經為蘇鐵白輪盾介殼蟲危害呈白色狀）。

七、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較。

由於兩種出尾蟲之生活史實驗最初皆於實驗室內生長箱進行，溫度與濕度及光照度皆為人為控制之情況下進行，為瞭解泰國雙色出尾蟲於臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區 19 林班的自然生長情形，並比較兩種出尾蟲於相近環境下的生長狀況，本實驗使用細網目的網袋來防止兩種出尾蟲的逃逸。使用的方式是在一棵感染之蘇鐵上，同時將兩種出尾蟲分開套網的處理方式來探討。計畫第一組套網內放置 10 對泰國雙色出尾蟲，第二組套網內放置 10 對本土臺灣方頭出尾蟲，每組 3 重複，隔月計算存活之出尾蟲數。每兩個月重新設一次套網，步驟同前面所述。觀察及紀錄兩種出尾蟲隨季節之族群變化情形，配合微氣候資料，以瞭解其間之關連性。

八、採集樣本處理及統計方法

田間採回的蘇鐵葉片，利用解剖顯微鏡檢視計算 50 × 5 mm 葉片葉表、葉背內各齡期之蘇鐵白輪盾介殼蟲記錄並以 Microsoft Excel 分析。鏡檢數據及每株蘇鐵所目測之出尾蟲數量，資料彙整後製成表格及曲線圖，用以分析蘇鐵白輪盾介殼蟲生物防治之成效。

九、臺東蘇鐵之物候觀察

為瞭解臺東蘇鐵之物候與白輪盾介殼蟲及出尾蟲之族群變動關係，於每次至田

間進行監測研究時，進行臺東蘇鐵之物候觀察。主要的方式為使用照相的方式，進行記錄觀察。

十、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究，並進行綜合防治方法 (Integrated Pest Management；IPM) 之制定

本試驗主要是為瞭解兩種出尾蟲對於蘇鐵白輪盾介殼蟲的捕食性差異及防治蘇鐵白輪盾介殼蟲的成效，以及探討不同族群密度對於種內與種間是否有競爭關係。

1. 種內競爭

抓取泰國雙色出尾蟲與臺灣方頭出尾蟲各 5 對、10 對、15 對。選取受蘇鐵白輪盾介殼蟲嚴重感染之蘇鐵葉片，並套上網套後，將不同密度之出尾蟲分別置於網套內，一個月後，計算兩種雙色出尾蟲之成蟲及雌雄蟲個體數量。每處理 3 重複。

2. 種間競爭

分別抓取泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲成蟲各 5 對、10 對、15 對，將兩種出尾蟲成蟲分成 1：1、2：2、3：3、1：3、3：1，以進行種間競爭。將不同比例之出尾蟲分別置於受蘇鐵白輪盾介殼蟲嚴重感染之蘇鐵葉片上，並套上網套，兩個月後，計算兩種出尾蟲之成蟲及雌雄蟲個體數量。每處理 3 重複。種別鑑定依據成蟲型態及交尾與否作為判別標準。

十一、兩種出尾蟲之雜交試驗

為探討本土臺灣方頭出尾蟲及泰國雙色出尾蟲是否有雜交之可能性。計畫設置兩組培養皿，每組培養皿內分為一隻雄臺灣方頭出尾蟲配上五隻雌泰國雙色出尾蟲，以及一隻雄泰國雙色出尾蟲配上五隻雌臺灣方頭出尾蟲，每組五重複，作雜交試驗。試驗兩種出尾蟲是否有繼代產生以及繼代是否有交配行為與生殖能力等。

十二、國內外文獻收集

本研究計畫報告中，為了能更了解各種關於蘇鐵的前人研究，亦在各大學術入口網站進行文獻查詢與回顧的工作。

十三、蘇鐵白輪盾介殼蟲之寄生蜂採樣

為配合委託單位的需求，瞭解試驗區域內與試驗樣區外白輪盾介殼蟲之其他天敵的狀況，除了利用每次採集，帶回實驗室之蘇鐵枝條進行觀察。並於試驗區域內與試驗樣區外另設置黏蟲板，如有捕獲寄生蜂等天敵，進行採集及後續之分類鑑定工作。

十四、數據統計分析

本計畫數據除種間及種內競爭使用 SAS 9.1 統計分析軟體進行 Student-Newman-Keuls Test 分析外，其餘皆以 SPSS (Statistical Package for Social Science) 軟體進行變異分析 (ANOVA)，採鄧肯氏多變域測定 (Duncan's Multiple Range Test) 分析數據間之差異性。

參、結果

一、天敵繁殖 (臺灣方頭出尾蟲大量繁殖)

2006~2009 年共提供 331,684 隻泰國雙色出尾蟲野放至臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區 23 林班 (表一)。目前由於泰國雙色出尾蟲因一些未知原因而無法於蘇鐵保留區立足 (原因仍繼續調查中)，另外因保育觀點盡量不釋放外來種於保留區內，因此本計畫改為每月於保留區內釋放 1,000 隻臺灣方頭出尾蟲 (表二及表三)，由 2010 年 7 月至 2011 年 6 月共提供 12,000 隻方頭出尾蟲。

二、臺東紅葉村臺東蘇鐵自然保留區內白輪盾介殼蟲及天敵之族群數量監測

過去幾年田間族群動態監測結果如圖一至圖六顯示。

(一)、延平事業區第 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲及出尾蟲田間族群動態監測

2010 年 8 月由 38.05 ± 61.84 隻/5cm 蘇鐵小葉，逐月下降至 2011 年 2 月的 8.00 ± 8.47 隻/5cm 蘇鐵小葉，再升至 5 月的 25.23 ± 13.48 隻/5cm 蘇鐵小葉 (圖七) (表四)。出尾蟲的部分則由 2010 年 8 月 40.58 ± 36.42 隻/全株蘇鐵降至 3 月之 3.94 ± 3.41 隻/全株蘇鐵，再升至 5 月之 11.62 ± 5.00 隻/全株蘇鐵。

(二)、延平事業區第 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲及出尾蟲田間族群動態監測

田間族群動態監測結果，延平事業區第 23 林班調查資料由 2010 年 7 月開始建立，2010 年 7 月由 94.74 ± 125.29 隻/5cm 蘇鐵小葉下降至 9 月的 42.05 ± 40.69 隻/5cm 蘇鐵小葉，再降至 4 月之 21.13 ± 14.90 隻/5cm 蘇鐵小葉 (圖八) (表五)。出尾蟲的部分則由 2010 年 7 月 28.03 ± 37.31 隻/全株蘇鐵，降至 11 月之 6.35 ± 6.00 隻/全株蘇鐵，再升至 2011 年 4 月的 11.28 ± 7.28 隻/全株蘇鐵。

(三)、延平事業區第 19 林班樣株蘇鐵白輪盾介殼蟲各齡期結構

族群動態之各齡期結構方面，延平事業區 19 林班固定樣株之蘇鐵白輪盾介殼蟲之卵及一齡遊走幼蟲於 2010 年 8 月為 64.62 ± 154.84 隻/5cm 蘇鐵小葉，下降至 2011 年 2 月的 11.23 ± 24.47 隻/5cm 蘇鐵小葉，再升至 5 月之 64.34 ± 49.97 隻/5cm 蘇鐵小葉。固著一齡於 2010 年 8 月為 54.73 ± 122.79 隻/5cm 蘇鐵小葉，下降至 2011 年 3 月的 17.02 ± 24.03 隻/5cm 蘇鐵小葉，2011 年 5 月上升至 33.17 ± 25.92 隻/5cm 蘇鐵小葉 (圖九) (表六、七)。二齡雌幼蟲由 2010 年 8 月之 4.67 ± 9.36 隻/5cm 蘇鐵小葉，逐月下降至 2011 年 2 月之

0.55 ± 1.32 隻/5cm 蘇鐵小葉，再升至 2011 年 5 月之 4.71±6.12 隻/5cm 蘇鐵小葉。處女成蟲由 2010 年 8 月 0.95 ± 2.13 隻/50mm 小葉，逐月下降至 2011 年 1 月之 0.11 ± 0.66 隻/5cm 蘇鐵小葉，再升至 2011 年 5 月的 0.73 ± 1.52 隻/50mm 小葉。產卵雌成蟲方面由 2010 年 8 月之 1.83 ± 5.44 隻/5cm 蘇鐵小葉，逐月下降至 2011 年 1 月之 0.43± 1.01 隻/5cm 蘇鐵小葉，再升至 2011 年 5 月之 2.99±2.41 隻/5cm 蘇鐵小葉。雄若蟲由 2010 年 8 月之 12.55± 42.16 隻/5cm 蘇鐵小葉，升至 10 月之 34.02± 8.71 隻/5cm 蘇鐵小葉，降至 2011 年 2 月之 8.43±14.39 隻/5cm 蘇鐵小葉。再升至 2011 年 5 月之 18.72± 15.43 隻/5cm 蘇鐵小葉。

(四)、延平事業區第 23 林班樣株蘇鐵白輪盾介殼蟲各齡期結構

延平事業區 23 林班固定樣株之蘇鐵白輪盾介殼蟲之卵及一齡遊走幼蟲於 2010 年 7 月為 224.53±328.61 隻/5cm 蘇鐵小葉，降至 11 月之 28.10±36.84 隻/5cm 蘇鐵小葉，2011 年 4 月升至 29.96±29.63 隻/5cm 蘇鐵小葉 (圖十) (表八、九)。固著一齡於 2010 年 7 月為 107.61 ± 149.96 隻/5cm 蘇鐵小葉，11 月又上升至 181.25±118.74 隻/5cm 蘇鐵小葉，2011 年 4 月降為 47.21±33.50 隻/5cm 蘇鐵小葉。二齡雌幼蟲由 2010 年 7 月之 15.50 ± 25.42 隻/5cm 蘇鐵小葉，大幅下降至 9 月之 3.95± 4.07 隻/5cm 蘇鐵小葉，再升至 2011 年 4 月之 7.82±9.28 隻/5cm 蘇鐵小葉。處女成蟲由 2010 年 7 月 1.91 ± 3.01 隻/5cm 蘇鐵小葉，逐月上升至 9 月之 2.45± 2.95 隻/5cm 蘇鐵小葉，再降至 11 月的 1.91 ± 2.81 隻/5cm 蘇鐵小葉，2011 年 4 月升至 2.64 ±4.04 隻/5cm 蘇鐵小葉。產卵雌成蟲方面由 2010 年 7 月之 9.04±13.97 隻/5cm 蘇鐵小葉，逐月下降至 9 月之 3.25±3.89 隻/5cm 蘇鐵小葉，再降至 2011 年 4 月之 2.36±2.19 隻/5cm 蘇鐵小葉。雄若蟲由 2010 年 7 月之 115.23±215.55 隻/5cm 蘇鐵小葉，逐月下降至 2011 年 4 月之 15.57± 15.13 隻/5cm 蘇鐵小葉。

(五)、延平事業區第 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲平均感染程度及氣候監測

延平事業區第 19 林班植株感染蘇鐵白輪盾介殼蟲監測結果如下 (圖十一) (表十)，2010 年 8 月平均感染率為第一級，10 月為第二級，11 月為第二級。其餘月份皆為感染等級 1。表十一為各月平均濕度及平均高低溫，濕度方面 2010 年 10 月濕度最高為 95.31±7.79%RH，2011 年 2 月濕度最低為 82.45±9.09。月平均高溫為最高高溫為 2010 年 9 月的 26.20±1.23℃，最低高溫為 2011 年 1 月的 15.28±2.77℃。月平均低溫為最高低溫為 2010 年 9 月的 20.98±0.70℃，最低低溫為 2011 年 1 月的 12.24±1.93℃。表十二為

每月平均高溫高於 20℃ 及低溫低於 15℃ 之天數，每月平均高溫高於 20℃ 以 2010 年 10 月最多 27 天，2011 年 1 月最少 1 天，每月平均低溫低於 15℃ 以 2010 年 10 月最少 0 天，2011 年 1 月最多 15 天。

(六)、延平事業區第 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲平均感染程度

延平事業區第 23 林班植株感染蘇鐵白輪盾介殼蟲監測結果如下 (圖十二) (表十三)，2010 年 7 月平均感染率為第三級，9 月為第二級，11 月為第二級，2011 年 4 月為第一級。

三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較

由於 2011 年開始，延平事業區 19 林班之臺東蘇鐵受低溫影響，感染程度偏低，若套網中放入出尾蟲可能餓死，使實驗失去經確性，因此以 2010 年 8 月及 10 月的兩次實驗為結果。第一組為對照組 (圖十三及十四) (表十四) 蘇鐵白輪盾介殼蟲由 38.60 ± 61.84 隻/5cm 蘇鐵小葉升至 54.20 ± 66.55 隻/5cm 蘇鐵小葉，斜率為 0.26，第二組處理施放 10 對泰國雙色出尾蟲於套網內，蘇鐵白輪盾介殼蟲由 95.47 ± 17.78 隻/5cm 蘇鐵小葉降至 15.60 ± 0.20 隻/5cm 蘇鐵小葉，斜率為 -1.33，泰國雙色出尾蟲存活率為 4.00 ± 1.00 隻/套網。第三組處理施放 10 對臺灣方頭出尾蟲於套網內，蘇鐵白輪盾介殼蟲由 42.13 ± 21.73 隻/5cm 蘇鐵小葉，降至 4.20 ± 1.00 隻/5cm 蘇鐵小葉，斜率為 -0.63，臺灣方頭出尾蟲存活率為 7.50 ± 0.50 隻/套網。

四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究

實驗選定屏東縣內埔鄉崇文國小進行，蘇鐵白輪盾介殼蟲單位皆為隻/5cm 蘇鐵小葉，泰國雙色出尾蟲與臺灣方頭出尾蟲皆為隻/套網。

種間競爭方面，5 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲實驗方面 (圖十五) (表十五)，蘇鐵白輪盾介殼蟲由 236.27 ± 76.03 降至 210.13 ± 76.05 再降至 144.46 ± 57.25 。泰國雙色出尾蟲由 10.00 ± 0.00 增至 17.00 ± 2.16 再增至 19.67 ± 2.62 。臺灣方頭出尾蟲為 10.00 ± 0.00 ，升至 11.67 ± 0.47 ，再降至 7.67 ± 1.88 。10 對泰國雙色出尾蟲與 10 對臺灣方頭出尾蟲實驗方面 (圖十六) (表十六)，蘇鐵白輪盾介殼蟲由 206.00 ± 51.00 降至 172.00 ± 34.80 ，再降至 125.90 ± 36.90 ，泰國雙色出尾蟲由 20.00 ± 0.00 增至 30.00 ± 3.00 ，再增至 35.00 ± 6.00 ，臺灣方頭出尾蟲由 20.00 ± 0.00 降至 16.50 ± 1.50 ，再降至 11.00 ± 0.00 。

15 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲實驗方面(圖十七)(表十七)，蘇鐵白輪盾介殼蟲 127.60 ± 51.80 ，泰國雙色出尾蟲為 30.00 ± 0.00 ，增至 39.00 ± 2.00 再增至 42.00 ± 1.00 ，臺灣方頭出尾蟲由 30.00 ± 0.00 降為 28.50 ± 3.50 再降為 19.00 ± 6.50 。5 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲實驗方面(圖十八)(表十八)，蘇鐵白輪盾介殼蟲 114.40 ± 53.80 降為 96.60 ± 51.80 再降為 49.20 ± 18.20 ，泰國雙色出尾蟲為 10.00 ± 0.00 增為 12.00 ± 2.16 再增為 14.00 ± 7.26 ，臺灣方頭出尾蟲 30.00 ± 0.00 降為 19.00 ± 12.25 再降為 17.67 ± 13.02 。15 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲實驗方面(圖十九)(表十九)，蘇鐵白輪盾介殼蟲自 241.27 ± 51.55 降為 200.40 ± 40.07 再降為 116.60 ± 30.41 ，泰國雙色出尾蟲自 30.00 ± 0.00 增為 23.33 ± 1.70 再增為 27.33 ± 2.62 ，臺灣方頭出尾蟲自 10.00 ± 0.00 減為 5.33 ± 1.25 再減為 0.67 ± 0.94 。

種內競爭方面，5 對泰國雙色出尾蟲實驗方面(圖二十)(表二十)，蘇鐵白輪盾介殼蟲自 222.47 ± 79.05 降為 166.87 ± 67.28 再降為 110.80 ± 42.25 ，泰國雙色出尾蟲自 10.00 ± 0.00 增為 15.00 ± 2.16 再增為 21.67 ± 3.68 。15 對泰國雙色出尾蟲實驗方面(圖二十一)(表二十一)，蘇鐵白輪盾介殼蟲自 30.00 ± 0.00 稍減為 22.00 ± 2.16 再增為 29.67 ± 2.49 。5 對臺灣方頭出尾蟲實驗方面(圖二十二)(表二十二)，蘇鐵白輪盾介殼蟲自 241.27 ± 51.55 減為 187.47 ± 58.47 ，再降為 142.13 ± 47.14 ，臺灣方頭出尾蟲自 10.00 ± 0.00 降為 9.00 ± 3.56 再增為 16.67 ± 0.94 。15 對臺灣方頭出尾蟲實驗方面(圖二十三)(表二十三)，蘇鐵白輪盾介殼蟲自 106.00 ± 45.51 降為 74.67 ± 38.34 再降為 46.80 ± 26.37 ，臺灣方頭出尾蟲自 30.00 ± 0.00 降為 22.00 ± 2.16 再增為 29.67 ± 2.49 。

五、臺東蘇鐵之物候觀察

分別比較延平事業區 19 與 23 林班之蘇鐵監測照片(圖二十四至圖三十四)以及月平均高低溫(圖三十五)，可知自 2010 年 12 月至 2011 年 3 月平均高溫都低於 20°C ，而自 2010 年 11 月至 2011 年 4 月之平均低溫亦小於 20°C ，使得蘇鐵白輪盾介殼蟲的感染程度比往年低。台東蘇鐵大約於 2011 年 1 月底開始陸續萌新芽，東陞蘇鐵小灰蝶亦於此時開始為害，將新芽啃食殆淨。另外，監控之 30 株臺東蘇鐵至 2011 年 6 月止，並無開花之現象。

六、雜交試驗

於實驗時，為避免使用已交尾過雌成蟲而影響實驗結果，所有實驗用之臺灣方頭出

尾蟲與泰國雙色出尾蟲皆採用野外採集回來之出尾蟲幼蟲開始培育至成蟲使用。但由於所培育之出尾蟲至蛹期時，發現均被蛹寄生蜂所寄生，導致實驗一再受挫。結果只有一組順利培養至成蟲，經雜交試驗結果發現未產下任何卵。同時參考國立屏東科技大學熱帶農業暨國際合作系貝洛非博士論文中所作之臺灣方頭出尾蟲與泰國雙色出尾蟲雜交實驗。他係將 10 對泰國雙色出尾蟲雄蟲與 10 對臺灣方頭出尾蟲雌蟲混養於 500 ml 之塑膠杯；亦將 10 對泰國雙色出尾蟲雌蟲與 10 對臺灣方頭出尾蟲雄蟲混養於 500 ml 之塑膠杯。於 12 天之時間內，每 4 天打開塑膠杯更換新鮮蘇鐵白輪盾介殼蟲，並檢查取出之蘇鐵白輪盾介殼蟲雌盾介內是否有出尾蟲卵。經過 12 天之實驗，他發現兩種雙色出尾蟲並無雜交之可能性（表二十四）（貝洛非，2010）。

七、國內外文獻蒐集

由各大國內外期刊論文等學術網路入口網一共蒐集到 33 篇報告（表 25）（附錄一）。其中寄生蜂的部份一共有 3 篇，蘇鐵白輪盾介殼蟲的部份一共有 8 篇，出尾蟲的部份一共有 5 篇，藥劑實驗一共有 2 篇，其他有關蘇鐵之類別一共有 9 篇。

八、蘇鐵白輪盾介殼蟲之寄生蜂採集

由於先前係由延平事業區 19 林班及 23 林班採得之葉片檢視是否有寄生蜂，觀察數月皆未發現，經檢討之後決定改成以黏蟲板，每月至樣區收黏蟲板再換新。目前採到兩種寄生蜂，其中一種經鑑定發現為屬於膜翅目（Hymenoptera）絨小蜂科（Eulophidae）*Pediobius* 屬的出尾蟲蛹寄生蜂（*Pediobius* sp.）；另外一種則尚未鑑定出。



Pediobius sp.

尚未鑑定出之寄生蜂

九、綜合防治方法之制定

為未來進行蘇鐵白輪盾介殼蟲之綜合防治方法，訂定初步之綜合防治方法（附錄二）。

肆、討論

一、天敵繁殖（臺灣方頭出尾蟲大量繁殖）方面

目前蘇鐵有兩種主要的捕食性天敵，一為臺灣方頭出尾蟲、一為泰國雙色出尾蟲。由於兩者之生活史、食性範圍、與棲地等都極為類似，因此於屏東或臺東市郊繁殖常會有汙染的情形發生，雖採用蟲帳亦還是難免有泰國出尾蟲進入臺灣方頭出尾蟲的繁殖區，造成大量飼養方面的問題。未來在純種培養方面，仍須進一步改善，方能避免汙染問題。

二、野外監測評估

本計畫開始於去年 7 月份，延平事業區第 19 與 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲及其天敵雙色出尾蟲族群消長依監測結果發現，其消長曲線略有不同，七月份 23 林班之蘇鐵白輪盾介殼蟲到達最高峰，但在 8 月份 19 林班調查時蘇鐵白輪盾介殼蟲的族群密度已下降，19 林班部份大致隨氣溫下降，族群數亦跟著下降。2011 年 1 月至 4 月，由於今年冬季較長亦較為寒冷，蘇鐵白輪盾介殼蟲上升的幅度較慢，使感染情況不如往年嚴重。臺灣方頭出尾蟲之族群亦因蘇鐵白輪盾介殼蟲的關係比往年稍少。蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構方面，19 及 23 林班族群密度相類似。另外植株感染程度方面，23 林班之臺東蘇鐵感染程度稍比 19 林班嚴重，但是隨著氣溫漸漸下降，感染程度亦受到緩解。尤以上之變化趨勢可以推論，蘇鐵白輪盾介殼蟲之生長受氣溫影響很大，低溫會抑制其生長。每年到五月之後，氣溫明顯上升，蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群亦開始上升。

三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較

由位於延平事業區 19 林班之臺東蘇鐵實驗樣株取得之數據得知，泰國出尾蟲在 19 林班套網內之捕食效率似乎優於臺灣方頭出尾蟲。但因冬季低溫的關係，出尾蟲的食源蘇鐵白輪盾介殼蟲有限，無法做進一步之試驗，僅以上半年度之結果呈現。為保障食源的充裕及實驗的準確性，未來應在生長箱內，提供足夠食源，來測試溫度（低溫）對於兩種出尾蟲之影響。

四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究

本實驗原定預計於臺東縣鹿野鄉的博雅齋蘇鐵園進行，無奈實驗進行至一半時臺東地區遭受凡那比颱風侵襲，實驗樣株套網多遭吹落。由於當時已屆 10 月，因此緊急尋

找屏東地區樹齡較久且受蟲害較為嚴重之臺東蘇鐵，後來於屏東縣內埔鄉「崇文國小」找到適合的臺東蘇鐵，同時資料之蒐集為兩個月一次。由數據觀察，以 15 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲之比例 (3:1) 效果最好。不過試驗過程亦遇到整組套網之出尾蟲皆死亡之狀況，以及泰國出尾蟲族群數目增長較臺灣方頭出尾蟲快的變數。推測是套袋內有其他天敵 (如蜘蛛或其他捕食性天敵) 捕食，以及原有試驗蘇鐵中就有之泰國雙色出尾蟲幼蟲及卵。這些都是影響實驗結果之變數。田間試驗原本就會被許多因子所影響，但整體趨勢顯示，出尾蟲的確能降低蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群數。至於由兩種出尾蟲的防治效力及種間競爭情形結果來看，當有兩種出尾蟲同時存在時，泰國雙色出尾蟲似乎較有競爭能力，隨時間族群逐漸增加；而臺灣方頭出尾蟲的族群則逐漸降低。此結果顯示當兩種出尾蟲同時存在時，臺灣方頭出尾蟲的族群生長可能受到影響。事實上，在大量飼育部分亦發現，泰國雙色出尾蟲很容易增殖，不易受到臺灣方頭出尾蟲侵入之影響。但在大量繁殖臺灣方頭出尾蟲時發現，只要有泰國雙色出尾蟲入侵，臺灣方頭出尾蟲之增殖即會明顯受到影響。造成此種影響的原因還不明，可能是兩種出尾蟲行為上的差異，亦或是其他生物及非生物因子所造成的影響，還需要更多的瞭解。

五、國內外文獻蒐集

綜觀收集到之各國文獻報告，世界上許多國家皆有蘇鐵白輪盾介殼蟲危害及防治的研究，顯示這是一個相當嚴重的入侵害蟲問題，值得更加重視相關防治之方法改進。

六、寄生蜂採集

國外曾報導寄生蜂亦為控制蘇鐵白輪盾介殼蟲族群一主要天敵，但目前在臺東蘇鐵保留區內採集到的寄生蜂種類並不多，結果僅發現到兩種寄生蜂，而且其中一種是會寄生出尾蟲蛹的釉小蜂。雖然目前採集到的種類很少，但因為其具相當的防治潛力，所以未來仍有必要針對寄生蜂部分，繼續進行採集及鑑定之工作，以瞭解在臺灣寄生蜂對蘇鐵白輪盾介殼蟲的防治效力。

伍、結論

由現有資料來看，蘇鐵白輪盾介殼蟲的消長與先前的族群動態類似，都是在春末夏初開始大量發生。由泰國雙色出尾蟲和臺灣方頭出尾蟲的捕食性比較，泰國雙色出尾蟲似乎優於臺灣方頭出尾蟲；但由於臺灣方頭出尾蟲於野外觀察時，發現臺灣方頭出尾蟲對較低溫度的耐受性似乎優於泰國雙色出尾蟲，因此建議可以嘗試直接於海拔以及氣溫類似於蘇鐵保留區之處進行大量繁殖臺灣方頭出尾蟲，然後於春末夏初之際大量釋放。期中報告中，審查委員曾提到於春末夏初之際以生物防治方法中的淹沒法大量釋放泰國雙色出尾蟲，我們亦將相關想法與成本評估等加以分析及討論（附錄三）。

有關造成延平事業區內臺東蘇鐵死亡之原因，本研究團隊曾將死亡後之蘇鐵進行解剖觀察，發現有一些蘇鐵之死亡是由於軟腐病造成。感染蘇鐵白輪盾介殼蟲是否較易受軟腐病之感染，而造成死亡，是一個值得持續瞭解的課題。另外，也發現死亡蘇鐵之根部有許多根蟎，根蟎的入侵是否加速蘇鐵死亡不得而知，但卻是一個值得重視的現象。因此，建議對於延平事業區 19 及 23 林班之剛死亡蘇鐵進行採樣，並進行病理研究，以得進一步之資訊，瞭解造成蘇鐵死亡之因子。

使用出尾蟲防治蘇鐵白輪盾介殼蟲是一重要的生物防治方式，但並無法達到完全防治的效果。未來，如何以監測得到的資料，並結合國內外防治蘇鐵白輪盾介殼蟲的經驗，得到更新以及更正確的防治資訊將是必須要進行的方向。期望由多方的努力，挽救臺東蘇鐵這種珍貴冰河孑遺植物。

陸、誌謝

本研究承農委會林務局臺東林區管理處九十九年度委託研究計畫經費補助，田野調查期間關山工作站同仁相助，以及臺東縣鹿野鄉博雅齋蘇鐵園及屏東縣內埔鄉崇文國小提供臺東蘇鐵以及屏東縣鹽埔鄉許姓蘇鐵農提供繁殖用之臺灣方頭出尾蟲以供實驗，謹此一併致謝。

柒、參考文獻

1. 貝洛非。2010。應用生命表、捕食及電腦模擬探討兩種雙色出尾蟲(*Cybocephalus* spp., Coleoptera: Cybocephalidae)對蘇鐵白輪盾介殼蟲(*Aulacaspis yasumatsui* Takagi, Hemiptera: Diaspididae)之生物防治。國立屏東科技大學熱帶農業暨國際合作系博士論文。121-122 頁。
2. 施錫彬。2009。蘇鐵白輪盾介殼蟲管理。桃園區農業專訊。第 6 頁
4. Cave, R. D. 2006. Biological control of *Aulacaspis yasumatsui*. Proc. Fla. State Hort. Soc. 119: 422-424.
5. Emshousen, C., Mannion, C., and Glenn, H. 2004. Management of cycad *Aulacaspis* scale, *Aulacaspis yasumatsui*. Proc. Fla. State Hort. Soc. 117: 305-307.
6. Germain, H. F., and Hodges, G. S. 2007. First report of *Aulacaspis yasumatsui* in Africa, and update on distribution. Fla. Entomol. 90: 755-756.
7. Gladwell, D. L. 2003. The cycad *Aulacaspis* scale, *Aulacaspis yasumatsui*: Management approaches and pesticide trial updates. Proc. Fla. State Hort. Soc. 116: 347-350.
8. Marler, T. E., and Moore, A. 2010. Cryptic scale infestations on *Cycas revolute* facilitate scale invasions. HortScience 45: 837-839.
9. 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.
10. Tattar, T. A., and Farran, A. 2007. Control of Asian cycad scale on *Cycas revoluta* and *C. taitungensis* using Imicide trunk microinjection In: Gottschalk, Kurt W., ed. Proceedings, 17th U.S. Department of Agriculture interagency research forum on gypsy moth and

other invasive species 2006; Gen. Tech. Rep. NRS-P-10. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station: 97.

捌、表

表一、2006~2011 年臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區出尾蟲施放數量 (隻)

施 放 日 期	每年產量	累計產量	施 放 地 點
2006 年	18,472 (泰)	18,472 (泰)	延平事業區第 23 林班
2007 年	83,889 (泰)	102,361 (泰)	延平事業區第 23 林班
2008 年	132,887 (泰)	235,248 (泰)	延平事業區第 23 林班
2009 年	5,982 (臺) 96,436 (泰)	5,982 (臺) 331,684 (泰)	延平事業區第 19 及 23 林班
2010 年	6,000 (臺)	11,982 (臺)	延平事業區第 19 及 23 林班
2011 年	6,000 (臺)	17,982(臺)	延平事業區第 19 及 23 林班

說明: (臺) 臺灣方頭出尾蟲 (泰) 泰國雙色出尾蟲

表二、2010 年 7 月~2010 年 11 月臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區臺灣方頭出尾蟲施放數量 (隻)

施放月份	臺灣方頭出尾蟲		施放地點
	每月產量	累計產量	
2010 / 07	1,000	1,000	延平事業區第 19 林班
2010 / 08	1,000	2,000	延平事業區第 19 林班
2010 / 09	1,000	3,000	延平事業區第 19 林班
2010 / 10	1,000	4,000	延平事業區第 19 林班
2010 / 11	1,000	5,000	延平事業區第 19 林班

說明：每月產量即當月之施放數量

表三、2010 年 12 月~ 2011 年 6 月臺東蘇鐵自然保留區內延平事業區臺灣方頭出尾蟲施放數量

施放月份	臺灣方頭出尾蟲		施放地點
	每月產量	累計產量	
2010 / 12	1,000	6,000	延平事業區第 19 林班
2011 / 01	1,000	7,000	延平事業區第 19 林班
2011 / 02	1,000	8,000	延平事業區第 19 林班
2011 / 03	1,000	9,000	延平事業區第 19 林班
2011 / 04	1,000	10,000	延平事業區第 23 林班
2011 / 05	1,000	11,000	延平事業區第 19 林班
2011 / 06	1,000	12,000	延平事業區第 19 林班

說明：每月產量即當月之施放數量

表四、2010 年 8 月~ 2011 年 5 月蘇鐵白輪盾介殼蟲及雙色出尾蟲田間族群動態監測

監測月份	蘇鐵白輪盾介殼蟲	臺灣方頭出尾蟲	地點
2010 / 08	38.05 ± 61.84	40.58±36.42	延平事業區第 19 林班
2010 / 10	22.35 ± 27.55	12.89±8.41	延平事業區第 19 林班
2010 / 11	10.78 ± 13.33	8.54±7.94	延平事業區第 19 林班
2010 / 12	9.71 ± 10.63	8.83 ± 8.11	延平事業區第 19 林班
2011 / 01	9.09 ± 9.04	11.42 ± 12.49	延平事業區第 19 林班
2011 / 02	8.00 ± 8.47	4.23 ± 3.04	延平事業區第 19 林班
2011 / 03	9.63 ± 8.83	3.94 ± 3.41	延平事業區第 19 林班
2011 / 05	25.23 ± 13.48	11.62 ± 5.00	延平事業區第 19 林班

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；臺灣方頭出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表五、2010 年 7 月~2011 年 4 月蘇鐵白輪盾介殼蟲及雙色出尾蟲田間族群動態監測

監測月份	蘇鐵白輪盾介殼蟲	臺灣方頭出尾蟲	地點
2010 / 07	94.74±125.29	28.03±37.31	延平事業區第 23 林班
2010 / 09	42.05±40.69	14.41±10.25	延平事業區第 23 林班
2010 / 11	48.36±34.19	6.35±6.00	延平事業區第 23 林班
2011 / 04	21.13 ± 14.90	11.28 ± 7.28	延平事業區第 23 林班

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；臺灣方頭出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表六、2010 年 8 月~2011 年 5 月延平事業區第 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構

	卵&遊走一齡	固著一齡	二齡 ♀
2010 / 08	64.62 ± 154.84	54.73 ± 122.79	4.67 ± 9.36
2010 / 10	38.64 ± 51.27	22.35 ± 51.19	1.25 ± 3.67
2010 / 11	17.09 ± 46.42	24.62 ± 34.33	0.91 ± 2.13
2010 / 12	13.61 ± 32.12	22.74 ± 30.92	0.92 ± 2.11
2011 / 01	11.82 ± 26.44	21.83 ± 29.32	0.95 ± 2.11
2011 / 02	11.23 ± 24.47	17.13 ± 24.19	0.55 ± 1.32
2011 / 03	16.81 ± 27.63	17.02 ± 24.03	0.71 ± 1.88
2011 / 05	64.34 ± 49.97	33.17 ± 25.92	4.71 ± 6.12

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉

表七、2010 年 8 月~2011 年 5 月延平事業區第 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構

	處女三齡 ♀	產卵三齡 ♀	雄若蟲
2010 / 08	0.95 ± 2.13	1.83 ± 5.44	12.55 ± 42.16
2010 / 10	0.85 ± 1.73	1.44 ± 3.03	34.02 ± 36.91
2010 / 11	0.11 ± 0.64	0.42 ± 1.03	12.44 ± 14.39
2010 / 12	0.13 ± 0.64	0.43 ± 1.07	12.42 ± 14.35
2011 / 01	0.11 ± 0.66	0.43 ± 1.01	9.97 ± 9.92
2011 / 02	0.12 ± 0.67	0.44 ± 1.03	8.43 ± 8.71
2011 / 03	0.13 ± 0.69	0.44 ± 1.02	10.39 ± 9.37
2011 / 05	0.73 ± 1.52	2.99 ± 2.41	18.72 ± 15.43

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉

表八、2010 年 7 月~2011 年 4 月延平事業區第 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構

	卵&遊走一齡	固著一齡	二齡 ♀
2010 / 07	224.53±328.61	107.61±149.96	15.50±25.42
2010 / 09	64.12±97.84	118.55±86.19	3.95±4.07
2010 / 11	28.1±36.84	181.25±118.74	8.62±8.31
2011 / 04	29.96 ± 29.63	47.21 ± 33.50	7.82 ± 9.28

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉

表九、2010 年 7 月~2011 年 4 月延平事業區第 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構

	處女三齡 ♀	產卵三齡 ♀	雄若蟲
2010 / 07	1.91 ± 3.01	9.04 ± 13.97	115.23 ± 215.55
2010 / 09	2.45 ± 2.59	3.25 ± 3.89	18.35 ± 43.61
2010 / 11	1.91 ± 2.81	2.44 ± 2.97	19.63 ± 19.05
2011 / 04	2.64 ± 4.04	2.36 ± 2.19	15.57 ± 15.13

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉

表十、2010 年 8 月~2011 年 5 月延平事業區第 19 林班臺東蘇鐵平均感染率

	程度 2 以下植株	平均程度
2010 / 08	17	1
2010 / 10	23	2
2010 / 11	19	2
2010 / 12	21	1
2011 / 01	17	1
2011 / 02	23	1
2011 / 03	24	1
2011 / 05	24	1

植株單位：株

表十一、延平事業區第 19 林班各月平均濕度及平均高低溫

年/月份	各月平均溼度	各月平均高溫 (°C)	各月平均低溫 (°C)
2010 / 09	91.29 ± 5.38	26.20 ± 1.23	20.98 ± 0.70
2010 / 10	95.31 ± 7.79	23.99 ± 3.05	20.05 ± 2.05
2010 / 11	89.90 ± 8.69	20.94 ± 1.65	16.48 ± 1.83
2010 / 12	86.81 ± 7.59	17.62 ± 3.13	13.77 ± 2.74
2011 / 01	87.73 ± 7.17	15.28 ± 2.77	12.24 ± 1.93
2011 / 02	82.45 ± 9.09	18.50 ± 3.00	13.42 ± 1.76
2011 / 03	82.81 ± 4.86	16.72 ± 2.90	13.69 ± 1.95
2011 / 04	83.04 ± 9.52	20.71 ± 2.68	16.20 ± 2.05
2011 / 05	89.40 ± 1.60	24.12 ± 1.29	20.01 ± 0.64

表十二、延平事業區第 19 林班每月平均高溫高於 20 度以及低溫低於 15 度之天數

	各月溫度平均月高於 20℃ 天數	各月溫度平均月低於 15℃ 天數
2010/10	27	0
2010/11	22	0
2010/12	7	6
2011/01	1	15
2011/02	11	4
2011/03	6	9
2011/04	18	1

表十三、2010 年 7 月~2011 年 4 月延平事業區第 23 林班臺東蘇鐵平均感染率

	程度 2 以下植株	平均程度
2010 / 07	16	3
2010 / 09	19	2
2010 / 11	25	2
2011 / 04	30	1

表十四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治蘇鐵白輪盾介殼蟲效果比較

(單位：隻/5cm 蘇鐵小葉)

	2010/08	2010/10	斜率	出尾蟲 存活率
對照組	38.60±61.84	54.20±66.55	0.26	0
套網泰國出尾蟲 10 對	95.47±17.78	15.60±0.20	-1.33	4.00±1.00
套網臺灣方頭出尾蟲 10 對	42.13±21.73	4.20±1.00	-0.63	7.50±0.50

表十五、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	236.27±76.03	10±0	10±0
斜率	0.44	-0.12	-0.03
2011 / 02	210.13±76.15	17±2.16	11.67±0.47
斜率	1.09	-0.04	0.07
2011 / 04	144.46±57.25	19.67±2.62	7.67±1.88

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表十六、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (10 對泰國雙色出尾蟲與 10 對臺灣方頭出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	206.00±51.00	20.00±0.00	20.00±0.00
斜率	0.57	-0.17	0.06
2011 / 02	172.00±34.80	30.00±3.00	16.50±1.50
斜率	0.77	-0.08	0.09
2011 / 04	125.90±36.90	35.00±6.00	11.00±0.00

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表十七、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	127.60±51.80	30.00±0.00	30.00±0.00
斜率	0.29	-0.15	0.03
2011 / 02	110.50±41.70	39.00±2.00	28.50±3.50
斜率	0.76	-0.05	0.15
2011 / 04	64.70±23.90	42.00±1.00	19.00±6.50

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表十八、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	114.40±53.80	10.00±0.00	30.00±0
斜率	0.30	-0.03	0.18
2011 / 02	96.60±51.80	12.00±2.16	19.00±12.25
斜率	0.79	-0.03	0.02
2011 / 04	49.20±18.20	14.00±7.26	17.67±13.02

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表十九、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	241.27±51.55	30.00±0	10.00±0
斜率	0.68	0.16	0.08
2011 / 02	200.40±40.07	23.33±1.70	5.33±1.25
斜率	1.40	-0.12	0.08
2011 / 04	116.60±30.41	27.33±2.62	0.67±0.94

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表二十、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	222.47±79.05	10±0.00	N/A
斜率	0.93	-0.08	
2011 / 02	166.87±67.28	15±2.16	N/A
斜率	0.93	-0.11	
2011 / 04	110.80±42.25	21.67±3.68	N/A

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表二十一、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	114.80±46.01	30.00±0.00	N/A
斜率	0.76	0.13	
2011 / 02	69.13±28.89	22.00±2.16	N/A
斜率	0.46	-0.13	
2011 / 04	41.67±14.93	29.67±2.49	N/A

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表二十二、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對臺灣方頭出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	241.27±51.55	N/A	10.00±0.00
斜率	0.90		0.02
2011 / 02	187.47±58.47	N/A	9.00±3.56
斜率	0.76		-0.13
2011 / 04	142.13±47.14	N/A	16.67±0.94

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表二十三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對臺灣方頭出尾蟲)

	蘇鐵白輪盾 介殼蟲	泰國雙色 出尾蟲	臺灣方頭 出尾蟲
2010 / 12	106.00±45.51	N/A	30.00±0.00
斜率	0.52		0.13
2011 / 02	74.67±38.34	N/A	22.00±2.16
斜率	0.46		-0.13
2011 / 04	46.80±26.37	N/A	29.67±2.49

蘇鐵白輪盾介殼蟲單位：隻/5cm 蘇鐵小葉；出尾蟲單位：隻/全株蘇鐵

表二十四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲雜交試驗

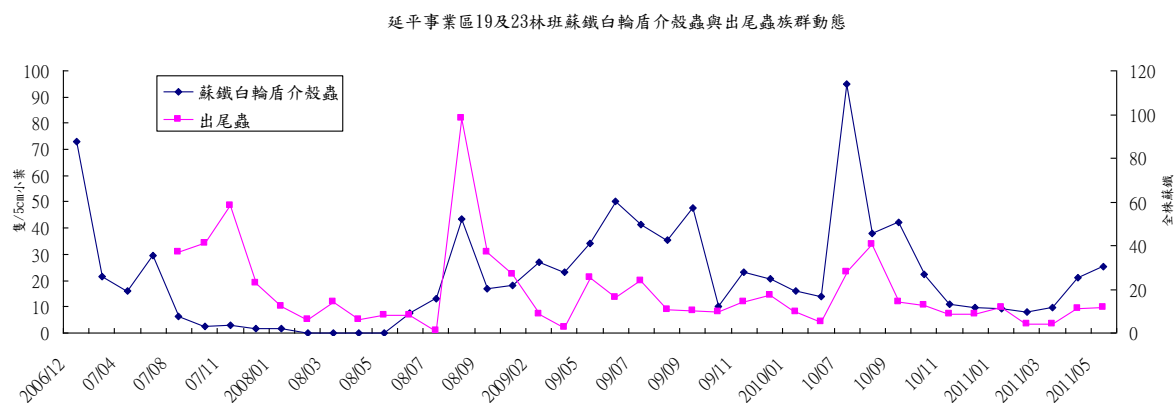
	重覆數	產下蛋之數目
受測出尾蟲種類	數目	平均
臺灣方頭出尾蟲 (雌) + 泰國雙色出尾蟲 (雄)	20	0
臺灣方頭出尾蟲 (雄) + 泰國雙色出尾蟲 (雌)	20	0

來源：貝洛非，2010

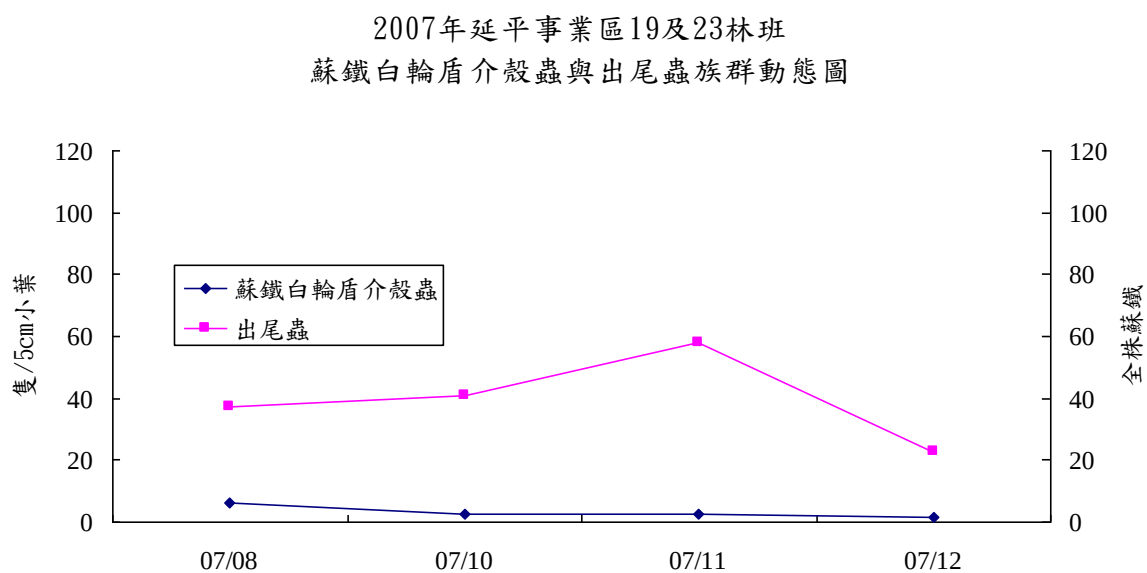
表二十五、蒐集到的國內外文獻

類別	代碼	篇數
蘇鐵	A	2
蘇鐵 生物防治	B	4
蘇鐵 寄生蜂	C	3
蘇鐵 白輪盾介殼蟲	D	8
蘇鐵 出尾蟲	E	5
蘇鐵 農藥	F	2
其他	G	9
合計		33

玖、圖

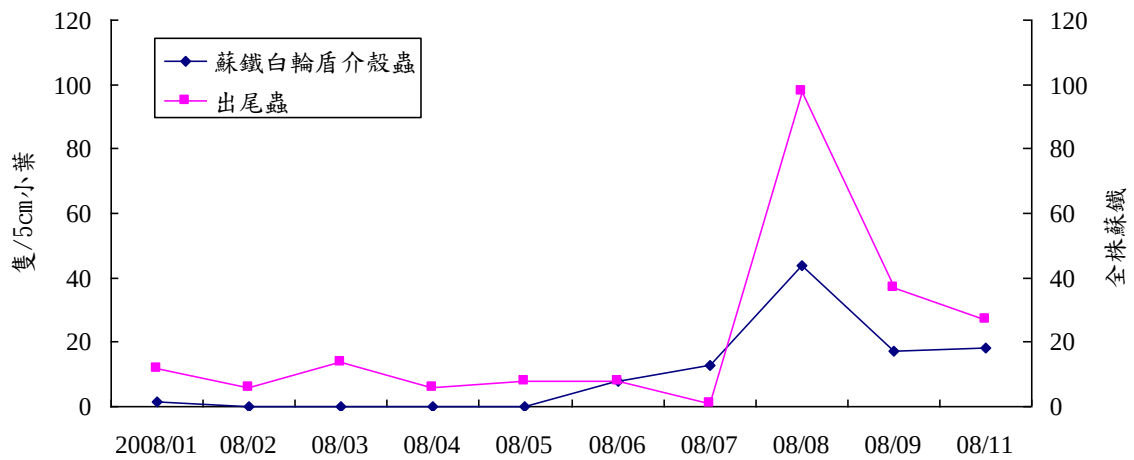


圖一、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2006 年 12 月至 2011 年 5 月)



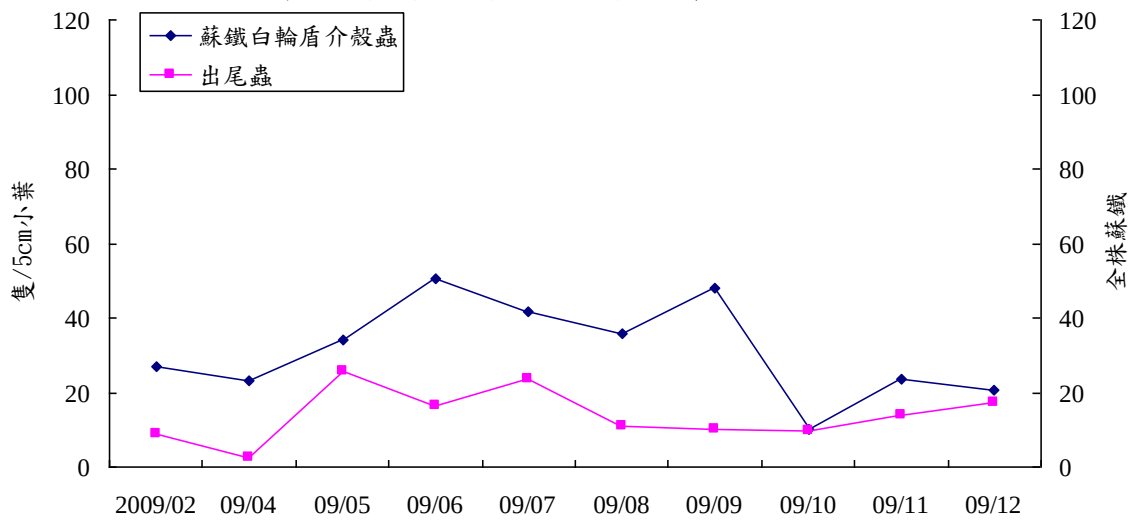
圖二、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2007 年)

2008年延平事業區19及23林班
蘇鐵白輪盾介殼蟲及出尾蟲族群動態圖



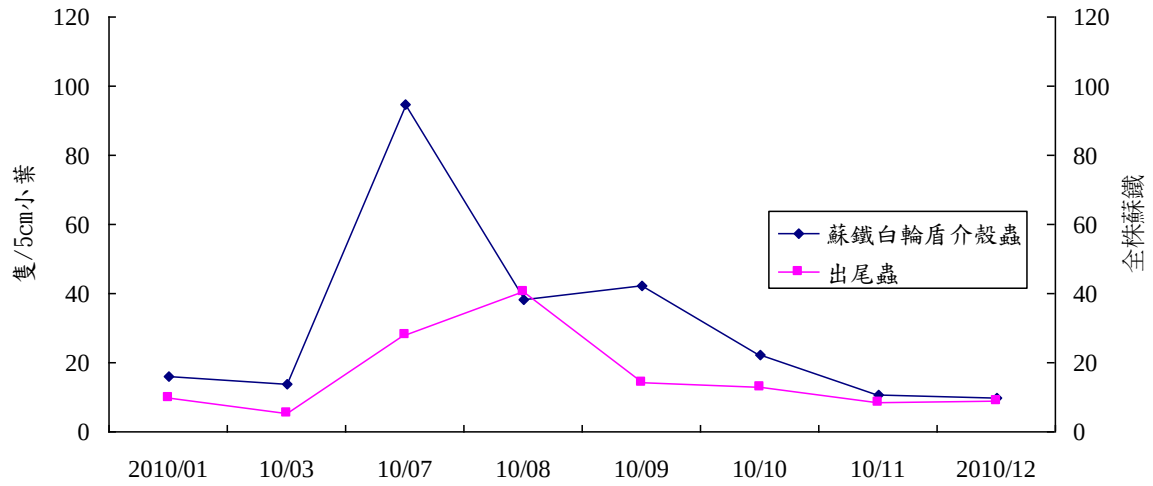
圖三、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2008 年)

2009年延平事業區19及23林班
蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態圖



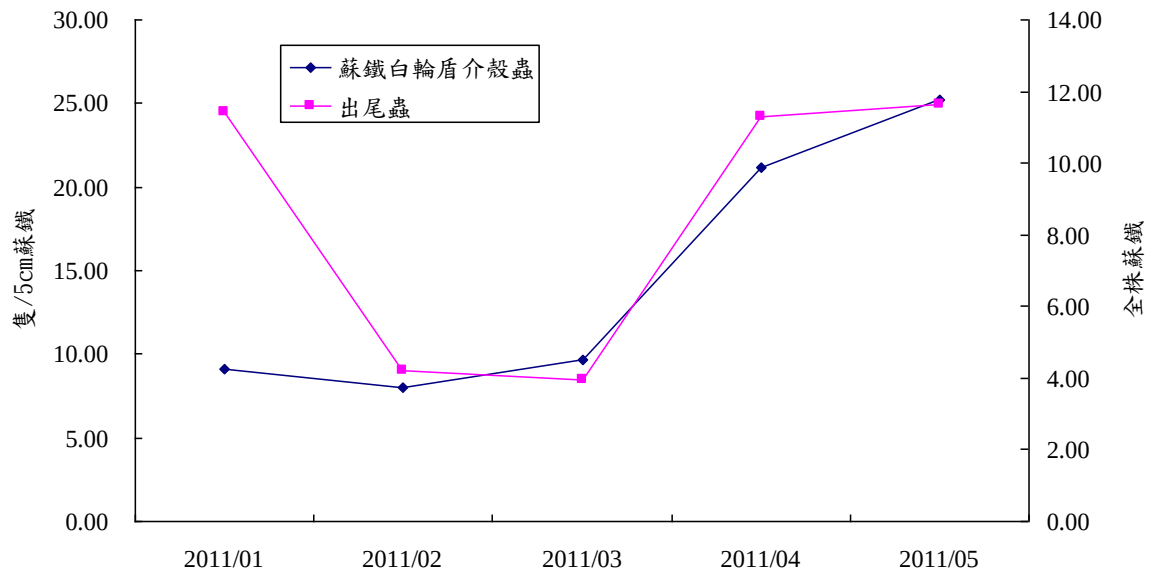
圖四、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2009 年)

2010年延平事業區19及23林班
蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態圖



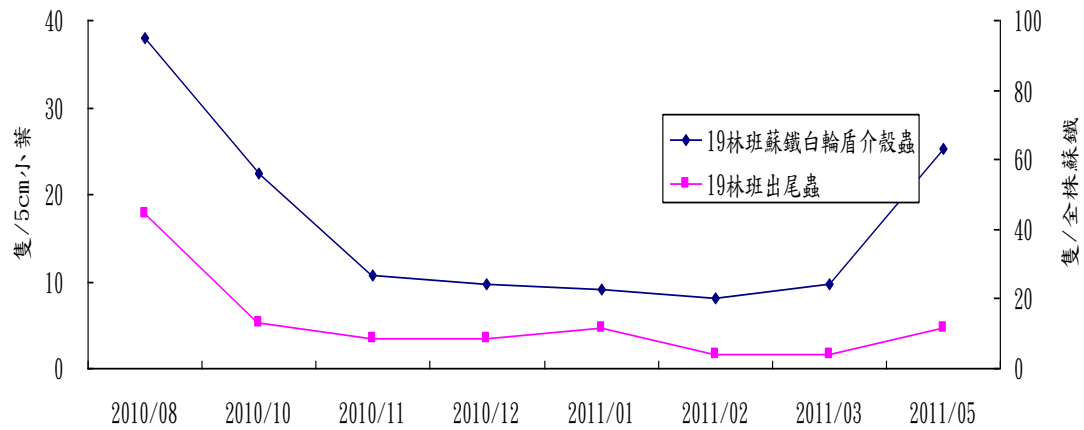
圖五、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2010 年)

延平事業區19與23林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態圖

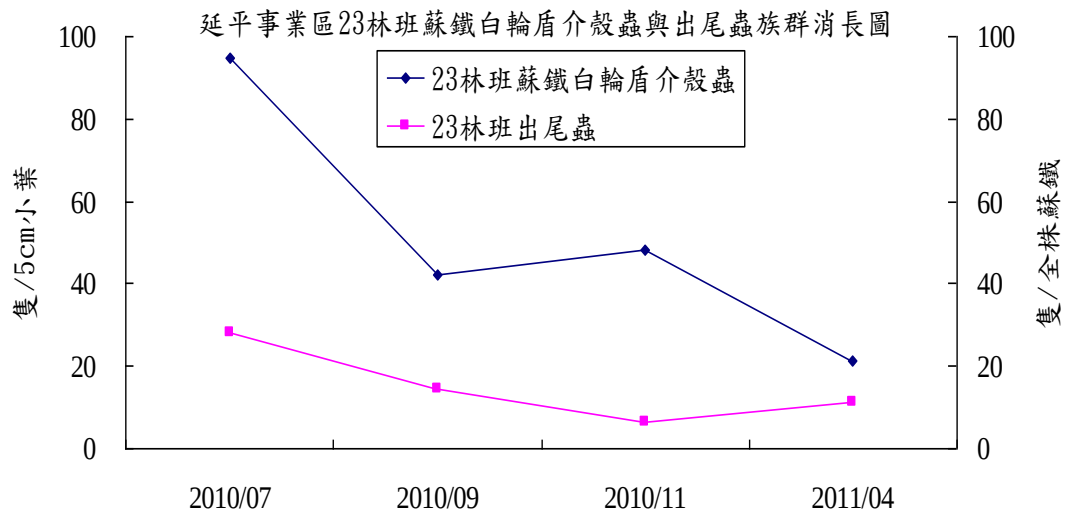


圖六、延平事業區 19 及 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群動態 (2011 年)

延平事業區19林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群消長圖

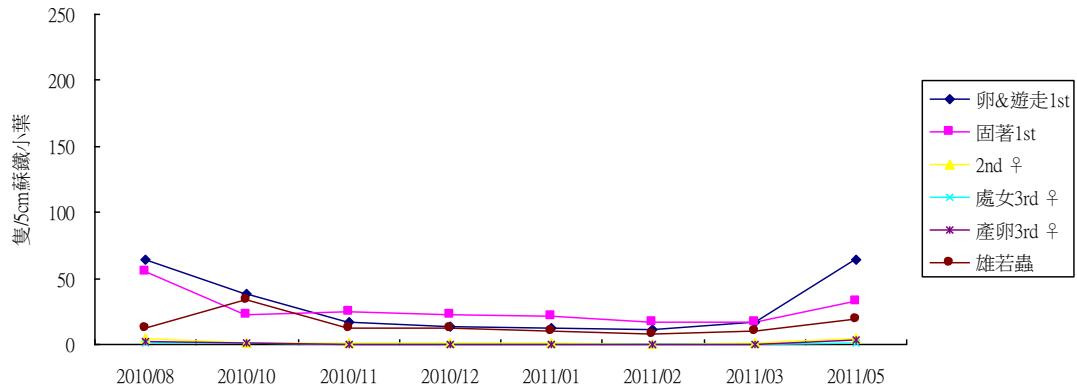


圖七、2010 年 8 月至 2011 年 5 月延平事業區 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群消長圖



圖八、2010 年 7 月至 2011 年 4 月延平事業區 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲與出尾蟲族群消長圖

延平事業區19林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期動態



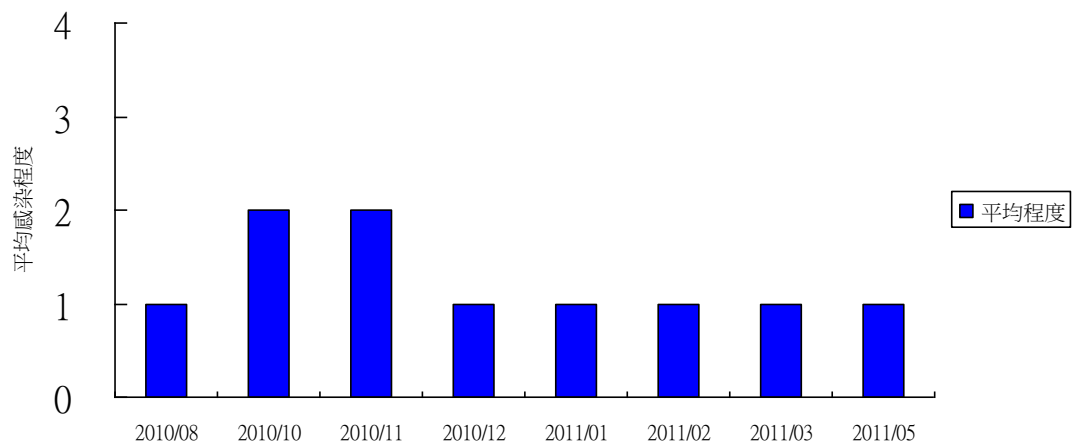
圖九、2010 年 8 月至 2011 年 5 月延平事業區 19 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構動態圖

延平事業區23林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期動態



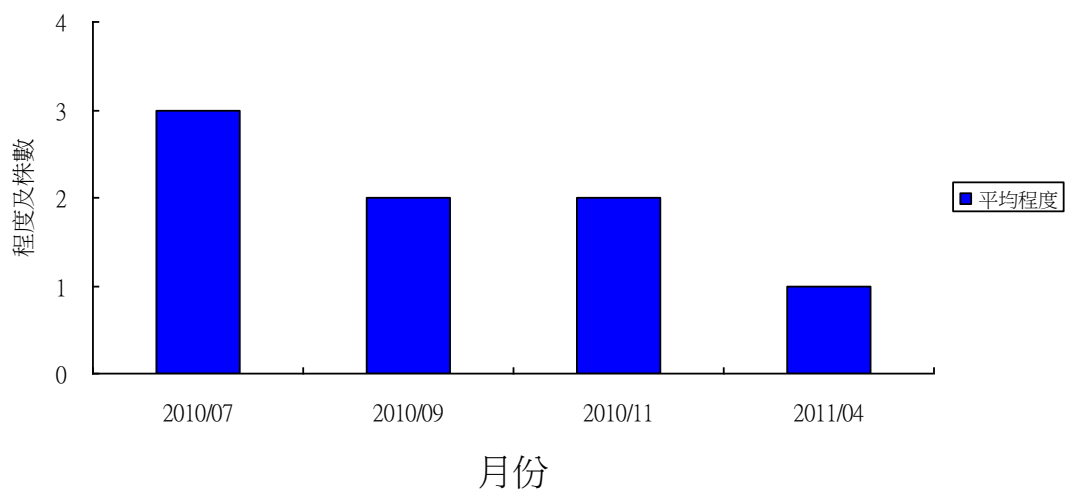
圖十、2010 年 8 月至 2011 年 5 月延平事業區 23 林班蘇鐵白輪盾介殼蟲齡期結構動態圖

延平事業區19林班平均感染程度

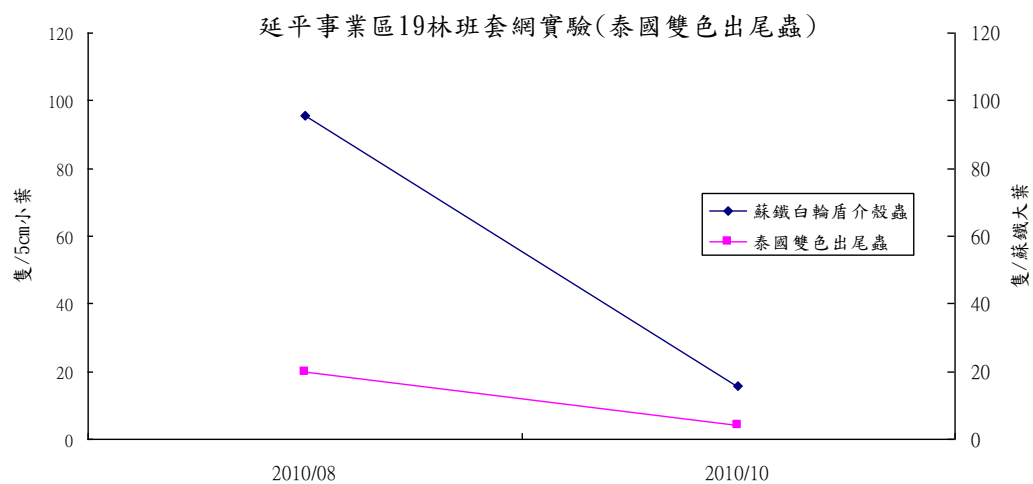


圖十一、延平事業區 19 林班臺東蘇鐵平均感染程度

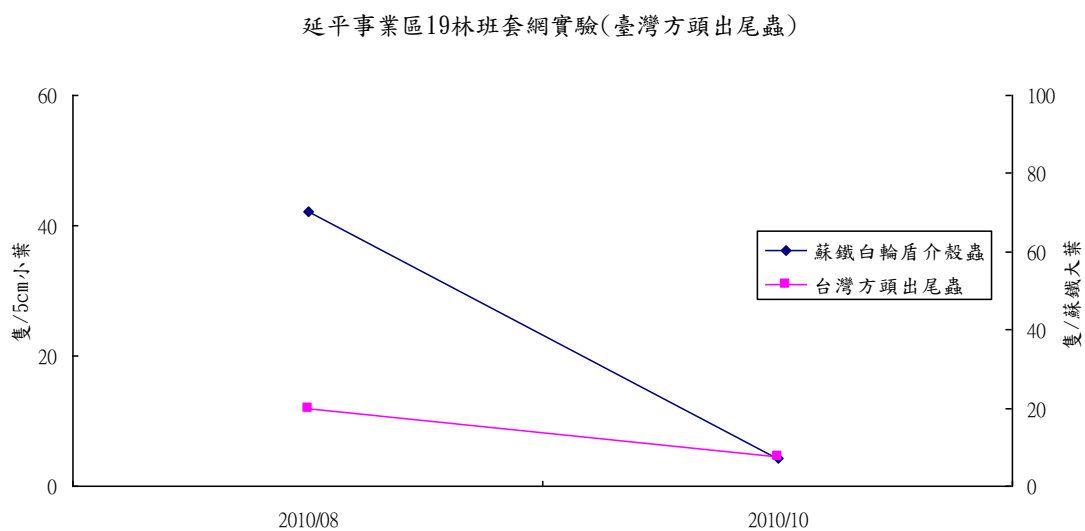
延平事業區23林班平均感染程度



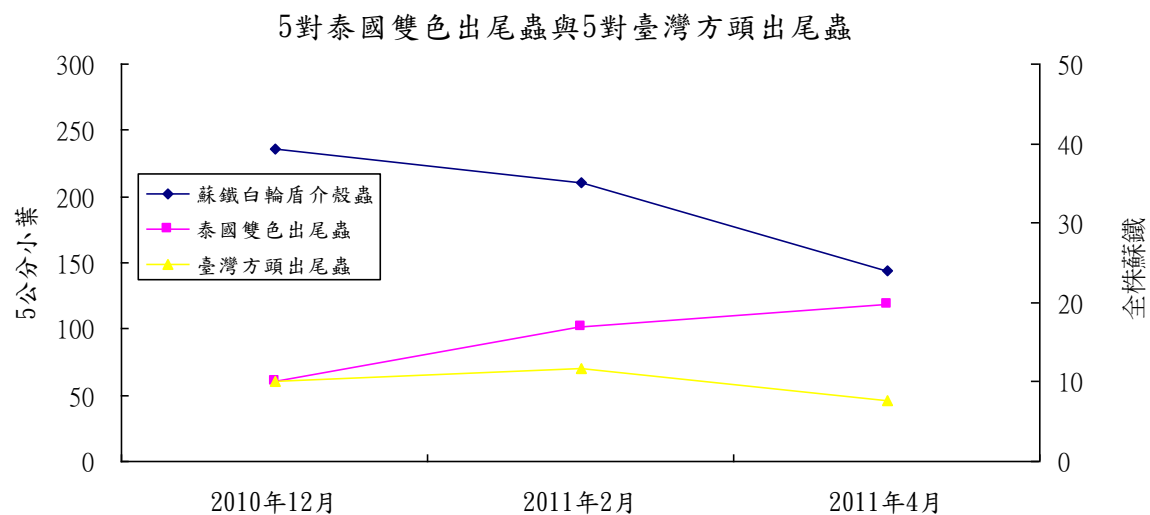
圖十二、延平事業區 23 林班臺東蘇鐵平均感染程度



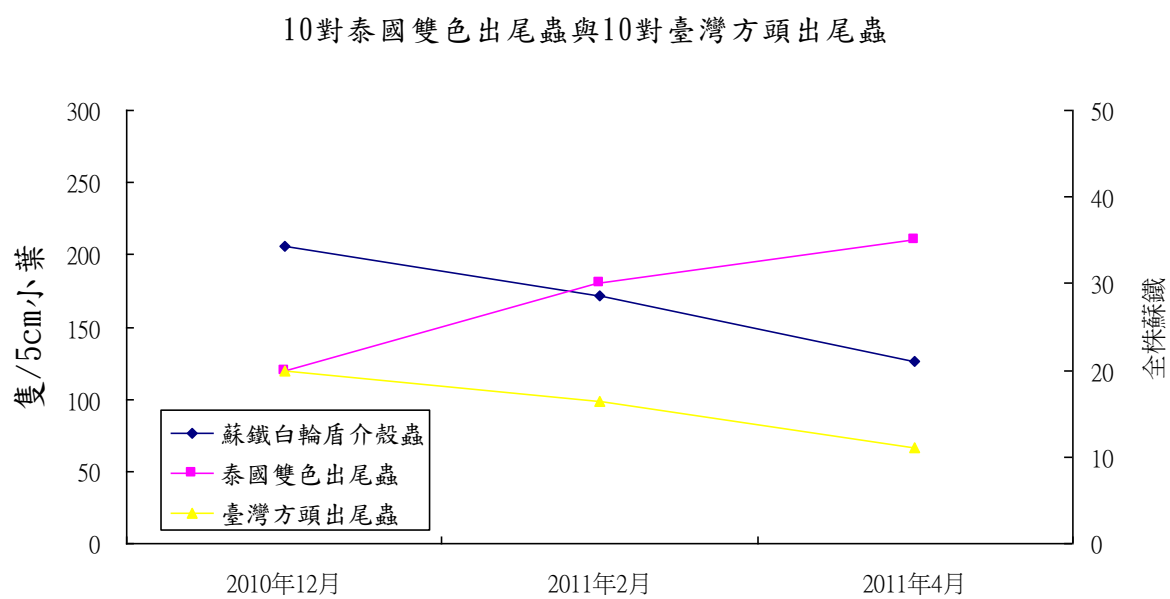
圖十三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較 (泰國雙色出尾蟲)



圖十四、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲防治效果比較 (臺灣方頭出尾蟲)

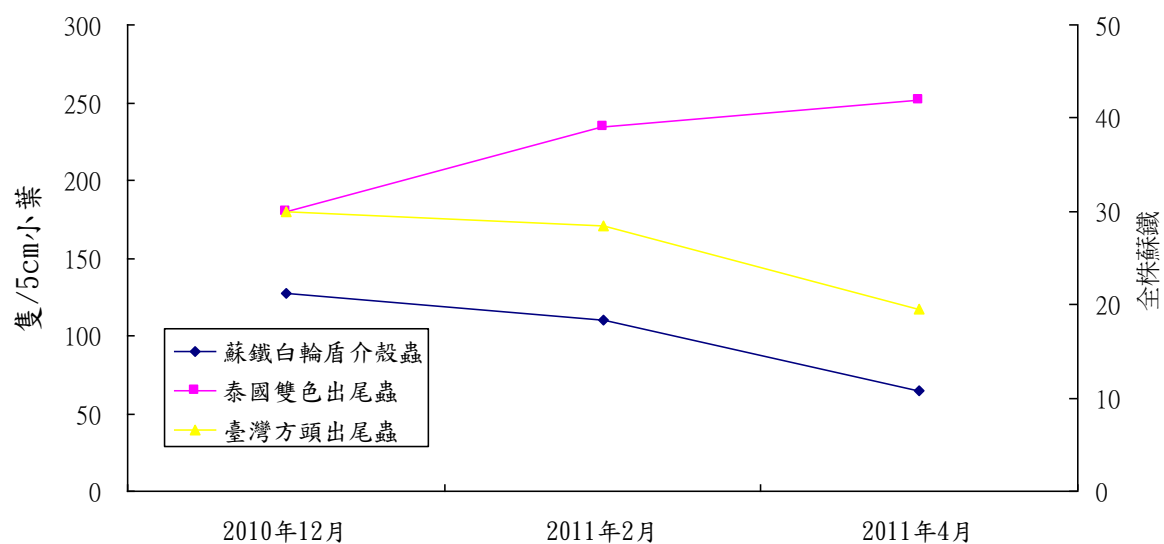


圖十五、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲)



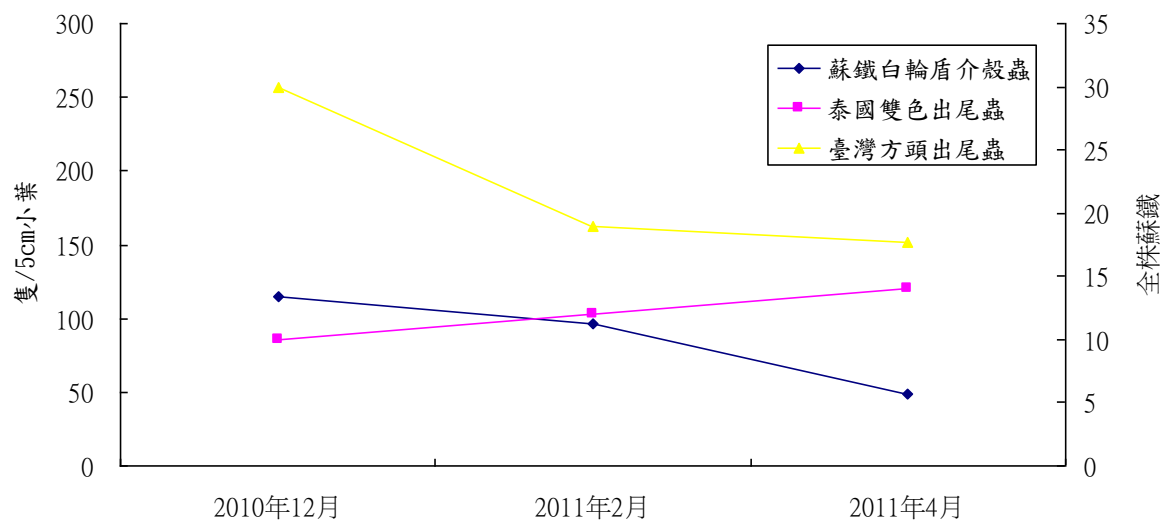
圖十六、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (10 對泰國雙色出尾蟲與 10 對臺灣方頭出尾蟲)

15對泰國雙色出尾蟲與15對臺灣方頭出尾蟲

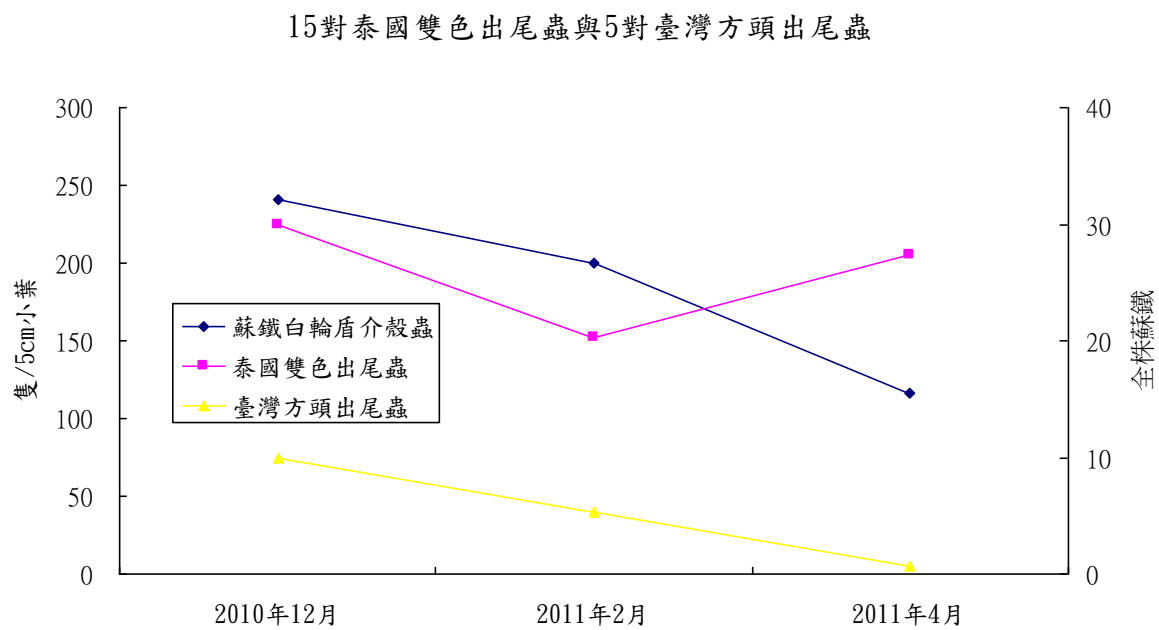


圖十七、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲)

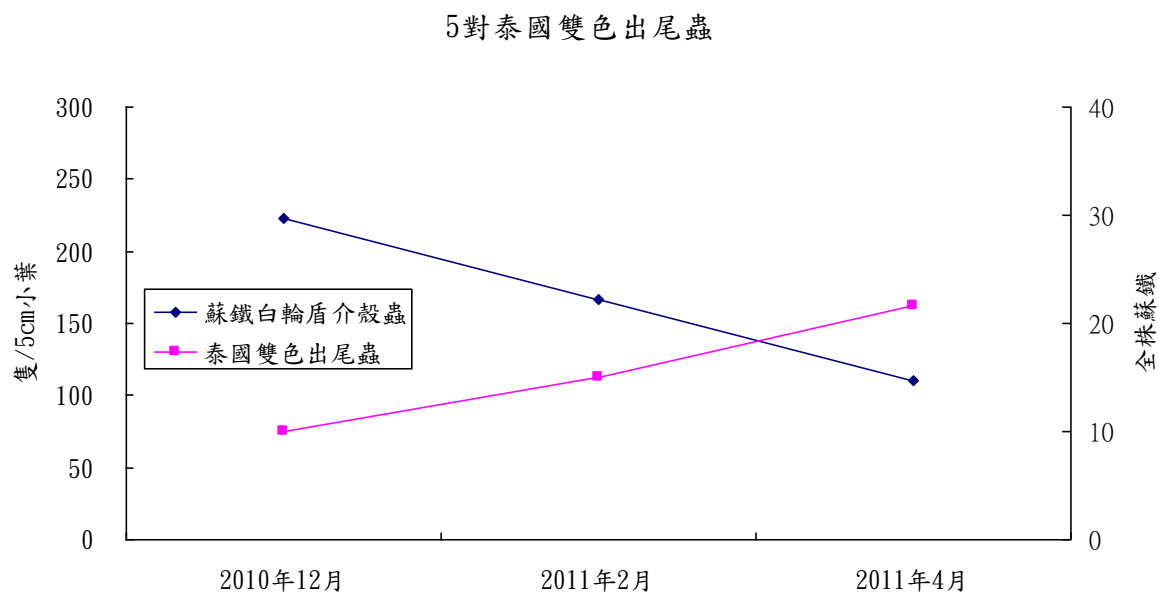
5對泰國雙色出尾蟲與15對臺灣方頭出尾蟲



圖十八、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲與 15 對臺灣方頭出尾蟲)

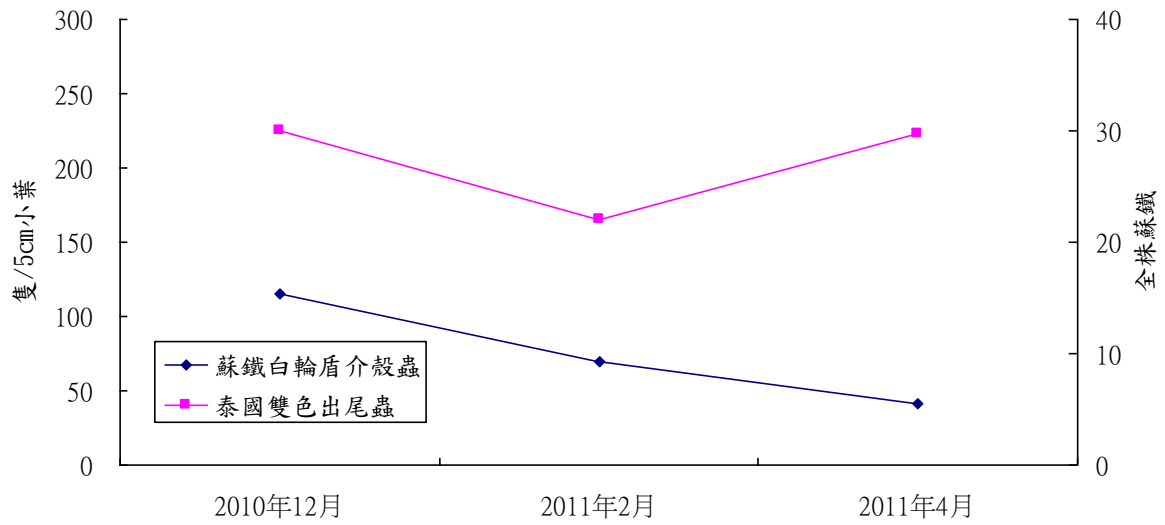


圖十九、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲與 5 對臺灣方頭出尾蟲)



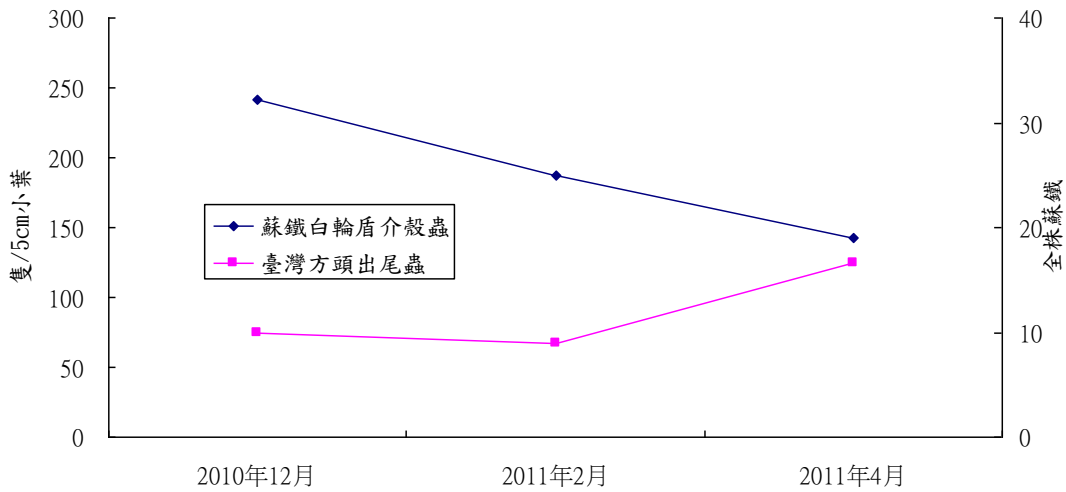
圖二十、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對泰國雙色出尾蟲)

15對泰國雙色出尾蟲



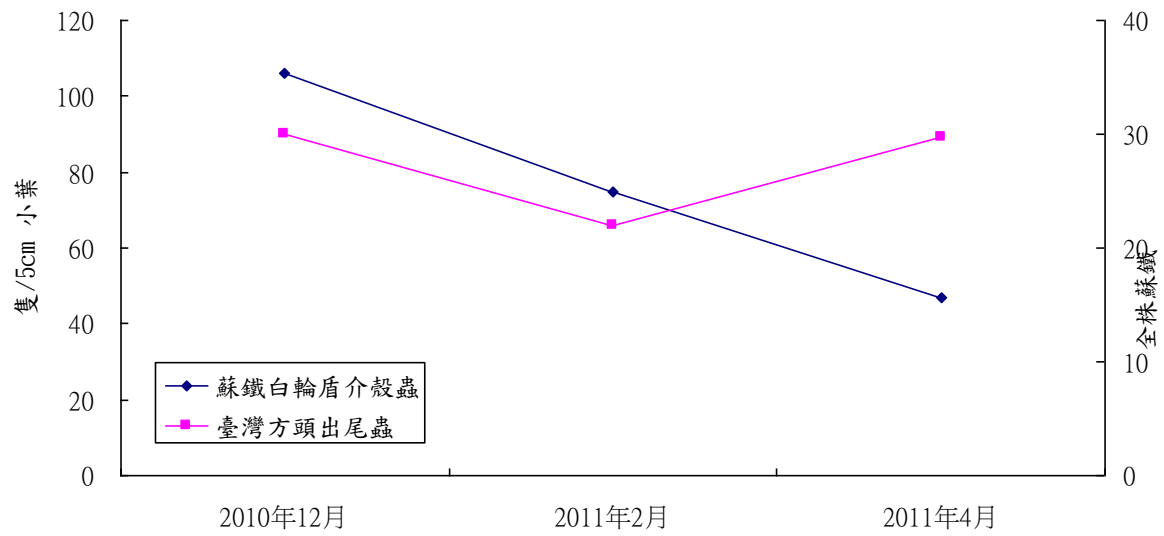
圖二十一、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對泰國雙色出尾蟲)

5對臺灣方頭出尾蟲



圖二十二、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (5 對臺灣方頭出尾蟲)

15對臺灣方頭出尾蟲



圖二十三、泰國雙色出尾蟲及臺灣方頭出尾蟲之捕食性田間研究比較 (15 對臺灣方頭出尾蟲)



圖二十四、延平事業區 23 林班七月



圖二十五、延平事業區 19 林班八月



圖二十六、延平事業區 23 林班九月



圖二十七、延平事業區 19 林班十月



圖二十八、延平事業區 23 林班十一月



圖二十九、延平事業區 19 林班十二月



圖三十、延平事業區 19 林班一月



圖三十一、延平事業區 19 林班二月



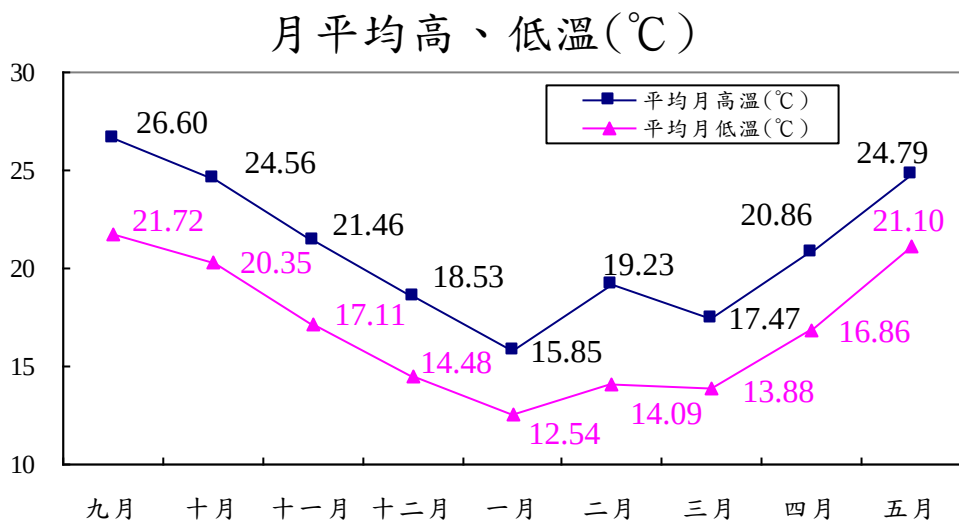
圖三十二、延平事業區 19 林班三月



圖三十三、延平事業區 23 林班四月



圖三十四、延平事業區 23 林班五月



圖三十五、2010 年 9 月至 2011 年 5 月平均高低溫

拾、附錄

附錄一、國內外文獻蒐集

代碼		
A-1	2004	Christine E., C. Mannion, and H. Glenn. 2004. Management of cycad aulacaspis scale, <i>Aulacaspis yasumatsui</i> Takagi. Proceedings of the Florida State Horticulture Society 117:305-307.
A-2	2010	陈艺欣、陈军、黄月英，2010，进境苏铁种苗有害生物风险分析，福建农业学报 25(3)：350-355。
B-1	2009	Yang W. X., W. D. Wu, and G. L. Jiao. 2009. Biology of <i>Aulacaspis yasumatsui</i> Takagi and Its Control Test. Journal of Fujian Forestry Science and Technology 2009(4):127-129.
B-2	2009	Cave R. D., R. Nguyen, V. Manrique, and P. B. Avery. 2009. New research on two natural enemies of the cycad aulacaspis scale. The Cycad Newsletter 32(2/3):22-23.
B-3	2009	Flores D., and J. Carlson. 2009. Fortuitous establishment of <i>Rhyzobius lophanthae</i> (Coleoptera: Coccinellidae) and <i>Aphytis lingnanensis</i> (Hymenoptera: Encyrtidae) in South Texas on the cycad aulacaspis scale, <i>Aulacaspis yasumatsui</i> (Hemiptera: Diaspididae). Southwestern Entomologist Scientific Note 34(4):489-492.
B-4	2010	Neumann G., P. A. Follett, R. G. Hollingsworth, and J. H. de León. 2010. High host specificity in <i>Encarsia diaspidicola</i> (Hymenoptera: Aphelinidae), a biological control candidate against the white peach scale in Hawaii. Biological Control 54(2):107-113.
C-1	2005	Wiese C., D. Amalin, and R. Coe. 2005. Effects of the parasitic wasp, <i>Coccobius fulvus</i> , on cycad aulacaspis scale, <i>Aulacaspis yasumatsui</i> , at Montgomery Botanical Center, MIAMI, FLORIDA. Proceedings of the Florida State Horticulture Society 118:319-321.
C-2	2006	Smith T. R., and R. D. Cave. 2006. Pesticide Susceptibility of <i>Cybocephalus nipponicus</i> and <i>Rhyzobius lophanthae</i> (Coleoptera: Cybocephalidae, Coccinellidae). Florida Entomologist 89(4):502-507.
C-3	1998	李德威，1998，桃白介殼蟲寄生蜂對桃白介殼蟲之寄生性，國立中興大學昆蟲學系碩士論文。
D-1	1999	Howard F. W., A. Hamon, M. McLaughlin, T. Weissling, and S. L. Yang. 1999. <i>Aulacaspis yasumatsui</i> (Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae), a scale insect of cycads recently introduced into Florida. Florida Entomologist 82(1):14-27.
D-2	2006	Bogran C. E., B. A. Castro, and S. Ludwig. 2006. The cycad aulacaspis scale, a pest of sago palms in Texas. University of Texas Cooperative Extension Pub. EEE-00038.
D-3	2007	Germain J. F., and G. S. Hodges. 2007. First report of <i>Aulacaspis yasumatsui</i> (Hemiptera: Diaspididae) in Africa (Ivory Coast), and update on distribution. Florida Entomol. 90(4):755-756.
D-4	2010	Bailey R., N. T. Chang, P. Y. Lai, and T. C. Hsu. Life table of cycad scale, <i>Aulacaspis yasumatsui</i> (Hemiptera: Diaspididae), reared on <i>Cycas</i> in Taiwan. Journal of Asia-Pacific Entomology 13(3):183-187.
D-5	1985	吳文哲，1985，台灣白輪介殼蟲屬之型態與分類研究，國立台灣大學植物病蟲害研究所博士論文。

D-6	2001	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 (<i>Aulacaspis</i> spp.) (同翅目：盾蚧科) 及其在檢疫上之應用，台灣昆蟲 21：365-375。
D-7	2008	吳跃开、李晓虹、罗在柒，2008，贵州苏铁白盾蚧的发生与防治，植物医生 21(2)：27-28。
D-8	2009	楊偉賢 吳偉東 焦根林 劉芳，2009，蘇鐵白盾蚧生物學及防治試驗，福建林業科技 36(4)：127-129。
E-1	2008	Mayer M., T. Dorsey, T. Scudder, and L. Bronhard. 2008. Mass release and recovery of <i>Cybocephalus nipponicus</i> (Coleoptera: Cybocephalidae) on elongate hemlock scale, <i>Fiorinia externa</i> . Annual Report. 1-9.
E-2	2006	Smith, T. R., and R. D. Cave. 2006. The life history of <i>Cybocephalus nipponicus</i> , a predator of the cycad aulacaspis scale <i>Aulacaspis yasumatsui</i> (Homoptera:Diaspididae). Proc. Entomol. Soc. Washington 108:905-916.
E-3	2006	李鴻筠、姚廷山、劉浩強、雷慧德、胡軍華、田文華、錢克明，2006，溫度對日本方頭甲功能反應的影響，西南農業學報 19(5)：893-895。
E-4	2006	許迪川，2006，利用雙色出尾蟲防治蘇鐵白輪盾介殼蟲之研究，屏東科技大學碩士論文。
E-5	2006	貝洛非，2006，雙色出尾蟲 <i>Cybocephalus nipponicus</i> Endrody-Younga (鞘翅目：方頭出尾蟲科)捕食蘇鐵白輪盾介殼蟲 <i>Aulacaspis yasumatsui</i> Takagi (半翅目：盾介殼蟲科)之生活史及生態，屏東科技大學碩士論文。
F-1	1995	李貞苡，1995，溫度對半圓堅介殼蟲發育之影響及殺蟲劑對若蟲之接觸毒性，國立中興大學昆蟲學系碩士論文。
F-2	1998	江明耀，1998，桃白介殼蟲兩種寄生蜂壽命和產卵量之比較及油劑和昆蟲生長調節劑對桃白介殼蟲及寄生蜂之影響，國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文。
G-1	2006	Gill, S., R. Cloyd, J. Baker, D. Clement, and E. Dutky. 2006. Pests and Diseases of Herbaceous Perennials: The Biological Approach. Ball Publishing, Batavia, IL 60510.
G-2	2009	Cave R. D., C. Sciacchetano, and R. Diaz. 2009. Temperature-dependent development of the dycad aulacaspis scale, <i>Aulscaspis yasumatsui</i> (Hemiptera: Diaspididae). Florida Entomologist 92(4):578-581.
G-3	2008	Niklasand K. J., and T. E. Marlery. 2008. Sex and population differences in the allometry of an endangered cycad species, <i>Cycas micronesica</i> (Cycadales) Int. J. Plant Sci. 169(5):659-665.
G-4	2004	邱祈榮、梁玉琦、賴彥任、黃名媛，2004，臺灣地區氣候分區與應用之研究，台灣地理資訊學刊 (1)：41-62。
G-5	2005	馬永、李楠、鍾業聰、陸照甫、林鑑釗、蔣明、林平義、羅斌，2005，叉孢蘇鐵 ISSR 反應條件的優化及初步應用，亞熱帶植物科學 34(1)：10-13。
G-6	2009	余志祥、楊永琮、劉軍、湛昌林、郭曉祥、龔麗莉，2009，灰翅串珠環蝶對攀枝花蘇鐵的危害及其防治，四川林業科技 30(3)：

		80-84。
G-7	2007	薛德乾，2007，苏铁的一种新害虫——曲纹紫灰蝶及其防治对策研究，江西农业学报 19(1)：60-61。
G-8	2005	高泽正、伍有声、韦强、吴伟坚，2005，苏铁曲纹紫灰蝶在广州严重发生的原因及防治对策，中国植保导刊 25(9)：24-25。
G-9	2009	王学贵，2009，盆景苏铁病虫害防治技术，现代农村科技 (15)：23。

附錄二、臺東蘇鐵綜合防治之作業程序

(一)、前言

臺東蘇鐵 (*Cycas taitungensis* Shen, Hill, Tsou & Chen) 為臺灣特有種，別名臺灣鳳尾蕉、海公雞，分佈於臺東紅葉村之山區。1988 年農委會依據文化資產保存法明令公告，正式列名保護的珍貴稀有植物，並於臺東紅葉村一帶設立臺東蘇鐵保留區，其目的為保存這些珍貴的樹木。但卻因外來入侵害蟲的危害下，導致數量衰退與死亡。

(二)、蟲害簡介

1. 名稱

中文學名：蘇鐵白輪盾介殼蟲

英文學名：*Aulacaspis yasumatsui* Takagi

英文名：Cycad aulacaspis scale

2. 分布

泰國、香港、新加坡、台灣 (2000 年侵入)、美國 (佛羅里達州、夏威夷州)、開曼群島、美屬維京群島和波多黎各。

3. 寄主植物

蘇鐵科 (Cycadaceae)、美洲鳳尾蕉科 (Zamiaceae) 與蕨狀蘇鐵科 (Stangeriaceae) 內至少 23 種多種植物。其中，又以蘇鐵科中的蘇鐵屬 (*Cycas*) 植株受害最為嚴重，台灣大量栽培的琉球蘇鐵 (*Cycas revoluta*) 和臺東蘇鐵 (*Cycas taitungensis*) 均嚴重被害。

3. 生活史及習性

蘇鐵白輪盾介殼蟲卵的長徑約 0.23 mm，橫徑約 0.11 mm。在定溫 25℃ 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，一般雌蟲移動能力較雄蟲強，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。

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)。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，待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。卵產出後，圍陰腺孔群會分泌蠟絲，覆於卵殼上加以保護。一般雌成蟲終其一生產卵量達 100 顆以上。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。



蘇鐵白輪盾介殼蟲生活史

(三)、蟲害偵查

蘇鐵白輪盾介殼蟲雄成蟲體呈橘色，口器退化，具有發達的觸角及複眼，一對翅，飛行能力差。雄若蟲具長形的柔軟介殼，身體為橘色；雌蟲有梨形或不規則形的白色介殼，蟲體亦呈橘色。雌成蟲可終生產卵，繁殖力強。卵產出後，會分泌蠟絲，覆於卵殼上加以保護。一般雌成蟲產卵量終生達100顆以上。除剛孵化的初齡幼蟲及雄成蟲可作短距離的移動，其他時期都固定附著一個地方，不再遷移。

介殼蟲可藉由風、人為攜帶或苗木遷移作長距離擴散外，亦可靠若蟲在鄰近植株間作短距離傳播；移動的初齡若蟲和卵，也可藉由風及氣流進行被動的分散。其以刺吸方式危害蘇鐵全株，包括葉片、莖球及根部等；常在葉片基部、葉軸和羽狀小葉的下表面吸食汁液，使葉片黃化枯萎、脫落，嚴重可導致全株枯死。

植株感染程度方面，依感染情形將調查之植株分成五個等級：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）、第四級為重度感染（植株外表，特別是葉柄部，有明顯之白輪盾介殼蟲感染情形）、及第五級之嚴重感染（植株外表，特別是葉柄部，已經為蘇鐵白輪盾介殼蟲危害呈白色狀）。



第一級：心部及葉表與葉背
無蘇鐵白輪盾介殼蟲



第二級：蘇鐵心部開始有
蘇鐵白輪盾介殼蟲



第三級：蘇鐵心部以及大葉枝幹
開始有蘇鐵白輪盾介殼蟲



第四級：枝幹及心部與葉背布滿
蘇鐵白輪盾介殼蟲，葉表亦有少許



第五級：蘇鐵枝幹、心部、葉表、葉背
皆布滿蘇鐵白輪盾介殼蟲

(四)、防治方法

由於臺東紅葉村臺東蘇鐵自然保留區臨近鹿野溪，因此禁止使用化學藥劑，只能採取物理防治及生物防治

一、物理防治

1. 清除害蟲

利用鑷子或軟毛牙刷沾水，清除蘇鐵上的介殼蟲或小灰蝶幼蟲。已感染介殼蟲，但還不嚴重的蘇鐵，可利用強力水柱沖刷附著的介殼蟲，但應避免傷到葉片及新芽。

2. 剪除葉片

將受感染枝條及葉片剪下，裝入塑膠袋內並置於室外曝曬七至八天，待葉片乾枯後再行燒毀，避免受感染葉片因移動而向外擴散。

二、生物防治

1. 臺灣方頭出尾蟲

野外採集臺灣方頭出尾蟲，置於內有蘇鐵白輪盾介殼蟲危害嚴重之蘇鐵養蟲室，大量繁殖後以吸蟲管吸出，置於內有蜂蜜之 500 ml 塑膠杯，蜂蜜主要充當運送過程中之替代食源，再將一杯裝有 400 隻臺灣方頭出尾蟲左右的塑膠杯倒於受害嚴重之蘇鐵心部，使其擴散立足。

三、化學防治（區外防治用）

1. 使用忌避劑

可以使用一些天然忌避劑，噴灑在植株上，每星期施用一次，但盡量避免溶液滲入土中影響蘇鐵生長（施, 2009）。

2. 噴灑油脂類或液體蠟

使用 95% 夏油稀釋 100 倍，或液體蠟稀釋 200 倍，或以沙拉油稀釋 500 倍防治，應避免萌新芽時使用，以避免產生藥害（施, 2009）。

3. 使用農藥

(1) 防治前先剪除受危害之葉片燒燬，以利噴施藥劑時藥液能均勻灑布於植株各部位。(2) 在防治工作進行前，可先確認附著於蘇鐵植株上之介殼蟲為活體或是空介殼，若為活體應立即加以施藥防治，判斷介殼蟲是否死亡，可用手搓揉葉片上白色覆蓋物，若發覺手染有橘色汁液即表示蟲體為活體。(3) 以40.8% 陶斯松乳劑稀釋 1,000倍、11% 百利普芬乳劑稀釋 1,000倍或50% 馬拉松乳劑稀釋 800倍，任選1種藥劑防治，間隔7-10天施藥一次，連續3-4次，施藥時除噴灑葉背、腋芽、芽鱗、心冠部及全株外，也應將根系附近之土壤一併噴灑（施, 2009）。

附錄三、短時間內大量繁殖泰國雙色出尾蟲並於5~6月釋放於延平事業區 19林班及23林班之計畫及評估（期中報告審查有關建議使用淹沒式防 治法之評估及回覆）

前言

臺東蘇鐵遭受蘇鐵白輪盾介殼蟲為害已近五年，雖然引進泰國雙色出尾蟲控制蘇鐵白輪盾介殼蟲。自2006年開始至今已經於延平事業區19林班以及23林班，釋放三十多萬隻泰國雙色出尾蟲，該蟲似乎無法於該地立足。但於實驗室及野外試驗的結果皆發現泰國雙色出尾蟲能有效控制蘇鐵上之蘇鐵白輪盾介殼蟲族群。因此期中報告時審查委員提出利用生物防治方法中的淹沒法，期待於春夏交界之際（5~6月），以一次大量釋放泰國雙色出尾蟲於延平事業區19林班以及23林班，以抑制蘇鐵白輪盾介殼蟲數目。

養蟲室建構及相關人事之成本計算

食餌培養室與養蟲室建置比例為二比一，網室大約規格為220 cm (長) x 180 cm (寬) x 300 cm (高)，若加上周圍空間大約需10平方公尺/網室。網室內置三層層架三組，每組每層可放置株高45 cm左右蘇鐵8株，共可容納48株。若以每株感染等級五之蘇鐵可產生100隻左右之泰國雙色出尾蟲來計算，則約可產出4,800隻/unit/月。若同時有210間網室（70 units），則一個月約可以生產336,000隻泰國雙色出尾蟲。成本計算方面，以一間網室大約10,000元計算，210間網室大約需210萬元以上。每間網室大約容納48株蘇鐵，以每株120元計算，大約需120萬元左右。人力資源方面，每人每周約可照護60間網室，大約需聘請5人，每人每月人事成本大約100,000元左右。採收時須3倍人力，成本大約為11,400元/日，因此總共約需（不含土地租金）340萬左右。另外，因為在春天時氣溫仍屬較低，蘇鐵、蘇鐵白輪盾介殼蟲、及泰國雙色出尾蟲之生長仍慢，所以網室內可能需加裝補充之植物生長燈，一方面促進植物生長之增加，延長光照時間，及增加網室之溫度，以促進三者之生長速度，達成設定之量產計畫。有關30餘萬隻泰國雙色出尾蟲是否足夠的問題，依據生物防治（淹沒法）的理念，需有相當高的天敵數量方能有效果。保留區範圍超過300公頃，目前有列管的蘇鐵超過1,700株，如果每株釋放200隻的話，勉強夠用。

施用方式之建議

在有關如何於短時間內將 30 餘萬隻泰國雙色出尾蟲採集及釋放於保留區方面，亦屬需仔細考量的地方。目前對於泰國雙色出尾蟲從蘇鐵上收集到後至野外釋放之間的保存問題方面，研究團隊已使用稀釋之蜂蜜為替代食源，可以維持泰國雙色出尾蟲數天的活性。至於在釋放方面，則屬較為困難之處。臺東蘇鐵保留區範圍遼闊，臺東蘇鐵之分佈亦極分散，有些地區根本無法到達。所以在天敵大量釋放方面，可能需要許多的人力及物力同時投入。釋放方式建議盡量以人工方式，於 5~6 月將泰國雙色出尾蟲釋放到感染的蘇鐵植株上，另一方面，可以考慮由直升機或遙控飛機將泰國雙色出尾蟲釋放至一些人力無法到達的地方，以達到全面淹沒法的目的。這個部分的成本，包括人力及物力（器具）還未估算於成本內。

效率評析

全世界各國，為對抗蘇鐵白輪盾介殼蟲之危害，皆想盡辦法引進天敵作為防治之評估。但截至目前，大都還停留在評估階段。目前我們這樣的飼養及釋放規模，在全世界應該是屬於最積極及最具規模的防治方式。保留區內目前的狀況是泰國雙色出尾蟲無法於區內存活下來，於區內發現的都是臺灣方頭出尾蟲。但臺灣方頭出尾蟲之量產較為困難，短時間內還無法達到足夠的量。使用泰國雙色出尾蟲於保留區內有幾個好處，第一是其容易量產。第二是其食性還滿專一，應該不會造成保留區內其他生物的影響。第三是其無法長時間存活，所以完成取食任務後就消失。當然，使用這種防治方式，也不是一年即能完成，可能需要數年連續的防治，方能達成較好的效果。若使用此方式，將蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群壓制至最低程度後，讓臺東蘇鐵有幾年好好生長及調養的機會，接著可以停止大量釋放，靠臺灣方頭出尾蟲及其他生物天敵來作一般的防治。

附錄四、期中報告會議紀錄

臺東林區管理處委託研究計畫

「蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群密度監測及捕食性天敵出尾蟲之防治評估」

期中報告會議紀錄

一、時間：100 年 1 月 27 日(星期四)下午 2 時

二、地點：本處 C 棟三樓簡報室

三、主持人：劉副處長瓊蓮

紀錄：雷雅琦

四、出席人員：如簽到單

五、由受委託單位中興大學黃紹毅老師進行簡報。

六、審查委員意見及討論。

(一)施委員劍瑩：

- 1、有關天敵的飼育：(1)因本土臺灣方頭出尾蟲(以下簡稱本土出尾蟲)飼養不易，泰國雙色出尾蟲(以下簡稱雙色出尾蟲)之飼養建議應持續維持。(2)本土出尾蟲可考慮於高海拔(1000 公尺)進行培育，以符合其生存條件。
- 2、有關天敵的施放：因延平事業區 23 林班不易進入，施放時應考量施放地點以提高施放頻度。
- 3、寄生蜂採集紀錄已發現之種類，可參考已有之研究(如桃白介殼蟲寄生蜂)做比對，以確認是否為同一 species 或同一 group？

(二)張委員念台：

- 1、天敵的施放可考慮採取淹沒式釋放策略，取容易培養的雙色出尾蟲針對 7 月份白輪盾介殼蟲高峰期大量施放，於短期內抑制

白輪盾介殼蟲總量。

- 2、天敵的飼育可考慮尋找代用寄主，或可解決大量飼育不易的問題。
- 3、在臺東蘇鐵自然保留區內雙色出尾蟲無法存活，建議調查是施放後即死亡、有產卵但無法孵化，亦或是卵有孵化但仍死亡。
- 4、田間捕食研究建議多做一處理，取 10 對、5 對但不套袋，以了解天敵行為。

(回應：99 年度計畫已進行實驗，套袋未封口部分，天敵無食物取食後即離開。)

- 5、報告書內容、用詞部分錯誤，如表格單位、表 10 平均感染率表示法等，請修正。

(三)王委員志強：

- 1、本項計畫為一長期性工作，預期效果常再行衍生新議題，目前執行進度符合。
- 2、報告書內附圖因版面編排縮小，於期末報告書應以清晰的圖片呈現。
- 3、葉片採樣工作應標定於同一株進行。

(回應：皆於同一樣株進行採樣工作。)

- 4、HOBO 紀錄範圍為局部溫濕度變化，採樣工作應於儀器附近進行。
- 5、冬天對蘇鐵剪葉至春天是否可減少白輪盾介殼蟲數量？

(回應：白輪盾介殼蟲會鑽入蘇鐵心部及根部。)

(四)董主任世良：

- 1、報告書內容中提及出尾蟲字樣，宜標示為本土出尾蟲或雙色出尾蟲。
- 2、99 年度白輪盾介殼蟲的數量，現場觀察應較前 2 年為低，與報告書資料有所出入，資料提供黃老師參考確認。
- 3、捕食性田間研究結論，應註明為實驗室環境下或其研究條件，以免誤解研究結果。

(五)林務局黃技士淑玲：

依據「臺東蘇鐵自然保留區蘇鐵白輪盾介殼蟲防治事宜會議」決議，有關提高本土出尾蟲產量的部分，請臺東林管處與黃老師合作辦理。

(六)主持人：

- 1、各位委員所提建議及經驗請黃老師納入參考或規劃，大量生產本土出尾蟲飼育地點請作業課會同關山工作站研擬辦理，密集施放模式可行性請作業課與黃老師研議。
 - 2、本年度結實期請作業課協同育樂課規劃進行種子採集工作。
- 七、散會：下午 4 時。

附錄五、期末報告會議紀錄

臺東林區管理處委託研究計畫

「蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群密度監測及捕食性天敵出尾蟲之防治評估」

期末報告會議紀錄

一. 時間：100 年 6 月 20 日（星期一）上午 10 時

二. 地點：本處 C 棟三樓簡報室

三. 主持人：劉副處長瓊蓮

紀錄：鄧雅文

四. 出席人員：如簽到單

五. 由受委託單位中興大學黃紹毅老師進行簡報

六. 審查委員意見及討論

(一)、 施委員劍瑩：

1. 蘇鐵白輪盾介殼蟲的感染率是以平均感染度分 1 至 5 的等級，可以 index 類型資料分析法來使資料結果呈現更豐富。
2. 兩種出尾蟲的種間競爭實驗，希望能就目前結果有更多的解讀，如兩種天敵之防治效果、如果進行混合釋放該如何進行等。
3. 以結果來看，溼度對兩種出尾蟲影響不大，但溫度資料可和白輪盾介殼蟲及兩種天敵的族群密度進一步分析。搭配臺東蘇鐵發育不同時期和白輪盾介殼蟲的生長期配合，進而得到預測模式。
4. 出尾蟲的體型小，田間存活率不佳的原因未確定，建議可進行出尾蟲對水的容忍度實驗，進而得知降雨是否會造成出尾蟲無法存活。
5. 一般而言，生物防治需約 10 年長期的進行才有明顯的成效。

(二)、 張委員念台：

1. 平地進行的兩種天敵種間競爭實驗，能否在保留區外也進行？泰國雙色出尾蟲目前在保留區似乎無法存活，以實用角度來看，是否需要進行兩種出尾蟲的競爭實驗？
2. 若能找到出尾蟲在田間存活率不佳的原因，將會是一大突破。可從室內實驗來著手探討兩種出尾蟲的差異，如兩種出尾蟲產卵、幼蟲習性、和滯育現象等。
3. 可集中在蘇鐵白輪盾介殼蟲每年出現的時間點，短時間大量釋放泰國雙色出尾蟲，不一定要每月都釋放固定數量的天敵。綜合防治不僅是利用生物天敵防治和化學藥劑來進行，也配合臺東蘇鐵生長周期和白輪盾介殼蟲發生周期。

(三)、 王委員志強：

1. 建議可在報告中提出之後的防治處理，提供林管處參考。
2. 氣象資料在此次報告中，提供了很好的參考，惟 2 組資料在統

計分析上稍微不足。雨量資料則建議可向農田水利會詢問。

3. 之後在保留區外飼養培育出尾蟲，建議也以 Data Log 收集微氣候資料。
4. 報告書內第 20 頁中，臺東蘇鐵物候開花資料，請再補加入。蘇鐵的雄配子具鞭毛，故雨量可能影響結實的狀況；報告書錯別字也請一併修正。

(四)、林務局黃技士淑玲：

1. 期中報告時所討論於保留區培育本土天敵的狀況，進行的如何？
2. 附錄二中提到以辣椒水做為忌避劑防治，是否有參考的文獻佐證？另農藥的稀釋濃度也請再確認。
3. 天敵大量釋放隻數 30 萬隻的基準為何？是可培育天敵的最大產量，或可控制白輪盾介殼蟲族群之最低數量？

(五)、作業課吳課長昌祐：

1. 於保留區週邊培育天敵作業，已於 4 月下旬現勘並規劃培育地點，預計今年下半年度執行，提供明年天敵釋放使用。
2. 天敵寄生蜂的相關研究，建議提供予育樂課來執行。
3. 蘇鐵受害蟲感染的平均感染度 5 個等級照片，是否可提供較容易分辨的圖卡比例放入防治手冊內，供日後現場執行時參考。

(六)、主持人：

1. 蘇鐵相關病害防治和復育，分散了幾個不同的計畫在進行，希望能由林務局來整合資料和統籌。各計畫案的資料，也可互通有無，如關山工作站近年來的氣候監測資料，可提供利用，減少經費和人力的浪費。
2. 本計畫建議以大量培育天敵，解決本土方頭出尾蟲的繁殖限制因子，以控制並恢復蘇鐵生機為目前目標。
3. 影響田間族群存活率因子，如溫度和水等，可進行實驗室內試驗來佐證。
4. 以目前結果來看，兩種出尾蟲種間似乎有競爭關係，建議田間釋放時不要同時執行。夏季害蟲大發生時，釋放防治效果較佳的泰國雙色出尾蟲，其他期間則釋放本土方頭出尾蟲。
5. 寄生蜂相關研究可交予育樂課主辦之計畫執行。

(七)、黃紹毅老師回應：

1. 以 index 資料類型分析法分析是未來可嘗試運用的分析方向。
2. 兩種出尾蟲的競爭實驗結果，可看出兩種出尾蟲同時存在對蘇鐵白輪盾介殼蟲具有防治效果，且種間應該有競爭關係。結果顯示，泰國雙色出尾蟲競爭能力較強，雖然防治效果較純以泰國雙色出尾蟲防治效果差。但目前的實驗結果僅代表平地狀

況，泰國雙色出尾蟲在保留區內無法生存。

3. 建立預測模式為重要努力目標。
4. 泰國雙色出尾蟲可用桃白介殼蟲做為替代食源 (降低飼養蘇鐵白輪盾介殼蟲的成本)，但是否也適用於台灣方頭出尾蟲，仍有待測試。
5. 天敵種內、種間的實驗皆以套網進行，在保留區進行時，因蘇鐵的感染率不高，天敵無足夠的食源而死亡無法順利進行研究。
6. 蘇鐵物候調查的部分，截至今年六月調查為止，尚未記錄到開花現象。
7. 農藥的稀釋倍數是參考桃園區農業改良場的資料，會再確定。
8. 天敵釋放隻數則參考賴博永博士之前計畫評估結果，每株蘇鐵以釋放 200 隻天敵為控制點進行估算。

七. 會議決議：期末報告書請依委員意見及討論內容進行修正，並請將期中及期末報告審查意見納入成果報告附錄內。

散會：下午十二時十五分