

內政部營建署 金門國家公園管理處

105 年度計畫成果報告書

計畫名稱：

金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫(第1年/全程2年)

計畫編號：KM1057011

全程計畫期間：自 105 年 07 月 20 日至 106 年 12 月 31 日

本年計畫期間：自 105 年 08 月 01 日至 105 年 12 月 31 日

計畫主持人：謝翁維、李有田

研究人員：曾顯雄、洪巧珍、陳清玉、蘇俞丞、曾榮崧、劉桂郁、陳慶源、
王文龍、吳昭儀、陳又嘉、張志弘、張慕瑋、李韋辰

執行廠商：台灣樹木保育股份有限公司

地 址：114 台北市內湖區民權東路六段 160 號 6F-1

傳 真：02-2791-6069

連絡電話：林試所總機 02-2303-9978 轉 2698

諮詢電話：02-2793-2979

聯絡信箱：drtree.arborist.tw@gmail.com



中華民國 105 年 12 月

目錄

一、	計畫主旨	1
二、	主題背景及有關研究之檢討	2
三、	重要工作項目及實施方法	7
(一)	建立防治監測體系	7
1.	罹病受害區域基線調查與罹病木標定	7
2.	建立松材線蟲萎凋病罹病受害程度等級野外判釋圖鑑	8
3.	研析罹病受害區域特性及擴散速度與防治效果比較	9
(二)	發展松材線蟲萎凋病生物防治技術	10
1.	松材線蟲萎凋病防治文獻分析	10
2.	媒介昆蟲相調查	10
3.	研發聚集費洛蒙合成技術	12
4.	聚集費洛蒙誘餌不同劑量配方對松斑天牛誘引性試驗	14
5.	松斑天牛食物誘引劑誘引效果測試與改良	17
6.	複合式松斑天牛誘引劑之研發	18
7.	松斑天牛乾式誘蟲器研發	20
8.	蟲生真菌生物防治技術	22
四、	結果與討論	27
五、	結論	58
六、	計畫人員姓名、現職、學經歷與分工配置	60
七、	公司簡介	69
八、	計畫進度及預期完成之工作項目	69
九、	參考資料	71

金門國家公園管理處

「金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫」

成果報告書

一、計畫主旨

台灣北部松樹，於 1980 年代初期開始有零星萎凋病之報導，且逐年擴散蔓延，後續經試驗驗證，確認台灣境內松材線蟲萎凋病的存在。金門國家公園中山紀念林是金門著名之遊憩休閒景點，林區內擁有許多珍貴松樹，但自 2014 年開始，林區內之黑松、濕地松因受松材線蟲侵染，而陸續萎凋枯死。本計畫顧及國家公園之生態敏感特性，期冀能以非農藥之生物防治為主，配合枯樹剷除及輔助性藥劑注射防治方法，建立有效綜合防治體系，以期能於最短時間內研發最佳防治策略，以抑制松材線蟲危害，搶救國家公園內剩餘之松樹。

二、 主題背景及有關研究之檢討

(一) 計畫背景

松樹在台灣北部，於 1980 年代初期有零星萎凋發生之報導，以往一向認為此類之萎凋係由於潰瘍病或天牛取食為害所致。但於 1983-1985 年間，松樹萎凋病於台灣北部新北市金山、石門，以及桃園市之虎頭山、忠烈祠、慈湖一帶被發現，其後經兩年之調查發現北部十九處皆有發生，歷經十二年傳播蔓延，甚至金門、馬祖亦難以倖免。各處之黑松、琉球松林被害高達 50~60% 以上，危害相當嚴重。

由萎凋松樹所檢出之線蟲所具之型態、構造特徵以及體軀值，和日本、美國所報導之松材線蟲相同，故應為同種殆無疑義。台灣引進外來松樹，在感染得病後所呈現之徵狀和病勢進展過程也和日本、美國報導極其相似，經由柯霍氏法則 (Koch's Postulates) 於溫室接種松材線蟲，也證實可殖據繁殖，並導致枯萎，故確證本土松材線蟲萎凋病的存在 (曾顯雄、朱耀沂。1986；曾顯雄。2011；曾顯雄。2015)。

(二) 現況分析與課題探討

松材線蟲主要存活於松樹枝幹之松脂管 (resin canal)、射髓 (pith ray)、維管束、形成層等處，故在自然界無法依賴風雨

傳播，得借助其它媒介。松材線蟲在自然界迅速傳播、蔓延，侵染寄主，主要依賴媒介昆蟲，尤其是鞘翅目天牛科之天牛傳播，雖然多種天牛曾被發現可攜帶松材線蟲，但在日本、台灣主要為松斑天牛 (*Monochamus alternatus*)，而在美國主要為卡羅萊納天牛 (*M. carolinensis*)。每年約於 5-7 月下旬，松斑天牛羽化，自枯死之松樹飛出，同時於頭、胸、腹、腳、觸角之氣門、氣管、氣室攜帶大量松材線蟲，即所謂傳播型四齡幼蟲。飛出之天牛於健康幼嫩之松樹枝條上取食，此時松材線蟲自天牛之氣管、氣室、氣門、氣孔中游出，移至腹部體節末端處脫離昆蟲體表，再由天牛取食所造成之傷口侵入松樹枝條之組織內，約三小時後即可進入松脂管中，兩天後脫皮變為成蟲，即可取食松脂管之上皮細胞 (epithelial cell) 或鄰近之薄壁細胞，且分泌化學物質毒害松樹。松材線蟲之四齡幼蟲於感染松樹約二天後，即可蛻皮成蟲開始繁殖，雌蟲在其一生約 30 天壽命期中可產 80 個卵，幼蟲在 30 小時內孵化，5 天就可蛻皮成蟲，約 6-20 天後即可成熟、繁殖，完成生活史。隨著嚴重侵染，其流脂完全停止，此時線蟲之族群大增，且分散全身，致使被破壞之部位隨之擴大；松樹之松脂管之上皮細胞、薄壁細胞、形成層、韌皮部細胞開始變色、擠壓變形、死亡，松脂分泌量顯

著減少，呼吸率上升。有些線蟲甚至穿過射髓管胞 (ray tracheid) 之孔隙進入假導管，使水分的輸導能力受阻，致使蒸散作用降低，其後松脂流量停止。感染 3-4 週後，針葉開始褪色黃化，松樹呈現萎凋，針葉轉為紅褐色，最後諸多生理異常加劇，有毒代謝物質之累積，如 Benzoic acid、8-Hydroxycarvotanacetone 等因素加速松針紅棕色化萎凋死亡 (曾顯雄、朱耀沂，1986；曾顯雄。2011；曾顯雄。2015)。

金門國家公園中山紀念林是金門著名之遊憩休閒景點，林區內擁有許多珍貴松樹，但自 2014 年起中山紀念林區之黑松、濕地松近年因罹患松材線蟲，造成多株松樹陸續萎凋枯死。金門國家公園管理處自 2015 年 3 月起，因感於國家公園內不適合採用注射農藥防治方式，乃委請國立台灣大學植物病理與微生物學系曾顯雄教授利用非農藥的防治技術進行生物防治，以高壓點滴灌注之方式，將培養可寄生或毒殺松材線蟲 (*Bursaphelenchus xylophilus*) 之真菌性天敵；或可寄生於松斑天牛 (*Monochamus alternatus*) 之真菌性天敵：白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 的生物防治劑，經由根部或莖基部注入松樹，並藉假導管隨水分傳輸，隨機侵染潛藏於松樹組織之松材線蟲或松斑天牛之幼蟲、蛹，自 2015 年 4 月起陸續完成約

200 餘株生物防治 (曾顯雄。2015)。搶救團隊努力下，部分枯黃之松樹回復至先前之翠綠，但仍有不少病株殘存，罹病松樹截至 2015 年中共計 590 多株的黑松、濕地松，遭受松材線蟲危害。金門國家公園乃於 2015 年 10 月 25 日完成鋸除染病松樹工作，優先清除近百株染病之松樹，希望儘快於松材線蟲羽化前伐除並燒毀，以免病樹感染其他健康松樹。

目前松材線蟲萎凋病防治方法可依據防治策略來區分 (張璋等，1997)：

1. 剷除感染源措施

將病死木伐倒，並以化學或物理方法將病死木內松材線蟲或松斑天牛予以殺死，其方法包括：藥劑散佈、燻蒸、燒卻、破碎和剝皮等措施。

2. 防止病害傳播

由於松材線蟲萎凋病主要是藉著媒介昆蟲傳播，因此可透過空中藥劑防治、地上藥劑防治、生物防治或誘殺松斑天牛等方式控制媒介昆蟲之族群，以降低病害之蔓延。此外，亦可利用樹幹注射、土壤處理讓松樹吸收藥劑或生物防治方式，殺死即將侵入感染的松材線蟲。這些方法皆是預防措施，用來保護松樹不被感染。

3. 增強松樹的抗病性

利用選種或育種之方式，進行培育抗松材線蟲之松樹品系或品種，以保存台灣原生松樹永久生存之機會，使感病的松樹品種不致於在台灣絕種，此為松材線蟲最佳之防治策略，也是最長遠之目標。

本計畫希望能以非農藥之生物防治為主，配合剷除及藥劑注射防治方法，建立有效綜合監測及防治體系，期能發展出最佳防治策略，找出防止病害傳播之方法，抑制松材線蟲危害，搶救國家公園內剩餘之松樹。

三、 重要工作項目及實施方法

第一年工作項目：依據工作內容，區分為四個子計畫→ (A) 松材線蟲防治監測體系子計畫、(B) 費洛蒙生物防治技術子計畫、(C) 費洛蒙合成技術子計畫、(D) 蟲生真菌生物防治技術子計畫)

(A) 松材線蟲防治監測體系子計畫

(一) 建立防治監測體系

1. 罹病受害區域基線調查與罹病木標定

以無人空拍機拍攝中山林範圍的空中影像，據以標定罹病木分布及罹病受害區域資訊。空拍及影像處理方法如下：

(1) 無人飛機航線規劃與影像拍攝：

飛行同時可記錄定位座標，拍攝之相片前後重疊率為 80%，左右重疊率 60%。整體而言，解析度約 5-6 公分。航帶側向重疊在 60% 以上。

(2) 影像拼接及正射化：

將拍攝完成之相鄰影像，切除邊緣和重複位置，使影像互相拼接而連續，製成全區無縫之正射影像，並同時進行色調均勻化處理。

(3) 罹病松樹標定，建立地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 資料：

根據空照圖，進行罹病木判斷並標定其罹病株樹冠，以罹病株中心點為罹病木標記之 GPS 點位。

本計畫於本年度進行空拍兩次，並參考合作廠商 2 月中山林影像調查資料，做為參考，利用共計三次之空中影像進行罹病木之調查與標定。

參考今年 2 月之影像資料 (2 月 23 日)，建立罹病受害情形之基線資料，作為監測比較之基礎，利用間隔約五個月和三個半月之第二次 (7 月 30 日)、第三次 (11 月 14 日) 空照圖，了解罹病木最新分布位置，作為後續罹病擴散速度與防治效果之分析使用。

2. 建立松材線蟲萎凋病罹病受害程度等級野外判釋圖鑑

為長期監測受害程度之變化，製作受害程度等級野外判釋圖鑑，做為野外判別受害等級之依據。本計畫將松樹松材線蟲萎凋病發病級數，分為 0、1、2、3、4，五個等級分述如下：

0 級：無病徵。

1 級：樹冠層針葉褪色病產生黃化、枯萎程度約占 0-25%。

2 級：樹冠層針葉褪色病產生黃化、枯萎程度約占 26-50%。

3 級：樹冠層針葉褪色病產生黃化、枯萎程度約占 51-75%。

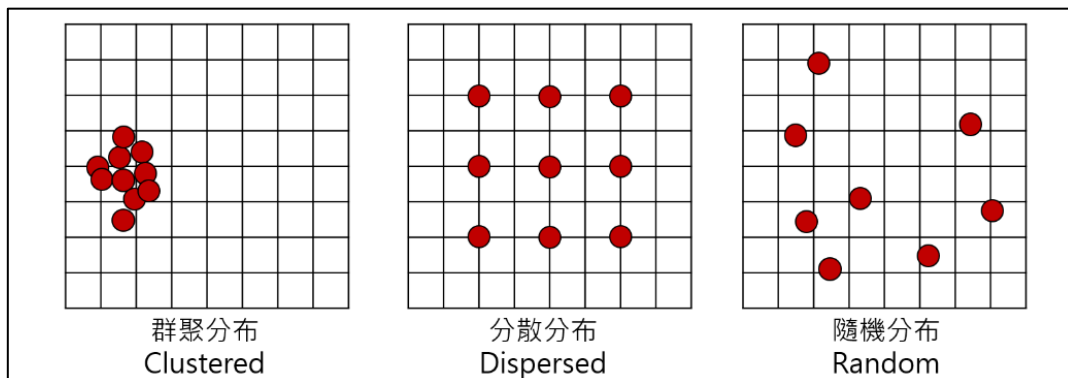
4 級：樹冠層針葉褪色病產生黃化、枯萎程度約占 76-100%。

根據以上之發病級數，進行製作野外判釋圖鑑，配合空拍影像罹病木標定作業，進行地面之觀察，修正空拍影像之標定結果。

3. 研析罹病受害區域特性及擴散速度與防治效果比較

透過空拍影像進行罹病木分布特性分析，探討罹病受害分布熱點，並以罹病木分布變遷進行擴散速度分析，評估罹病受害病勢進展及不同防治效果，做為綜合受害及防治成效評估依據。

本試驗透過空拍影像罹病木標定後，透過每株罹病木中心點 GPS 座標呈現空間分佈圖，利用軟體 ArcMap v.10.4.1 進行分析，瞭解罹病木是否呈現群聚、分散或隨機分布等類型(圖一)。



圖一、空間熱點分布之類型。

(二) 發展松材線蟲萎凋病生物防治技術

(本工作項目將依據執行內容區分為三項子計畫：(B) 費洛蒙生物防治技術子計畫、(C) 費洛蒙合成技術子計畫、(D) 蟲生真菌生物防治技術子計畫)

生物防治是利用自然界中的捕食性、寄生性、病原菌等天敵，將有害生物之族群壓制在較低之密度之下，使這些有害生物不致造成危害(楊平世，2009)。本工作項目將透過現地調查了解松斑天牛在金門松樹林的活動情形，以及釐清松斑天牛是否為金門傳播線蟲的媒介昆蟲，並發展松斑天牛生物防治技術，包括寄生性動物及病原菌天敵的生物防治劑研發。在生物防治劑研發方面，包括松斑天牛食物誘引劑及費洛蒙誘引劑開發、完成松斑天牛乾式誘蟲器之開發。最後發展對於松斑天牛與線蟲的生物防治劑，做為松材線蟲萎凋病生物防治使用。

1. 松材線蟲萎凋病防治文獻分析

蒐集國內外松材線蟲萎凋病防治文獻，整理分析過去防治技術之成效，解析可能之防治方法。

2. 媒介昆蟲相調查

調查中山紀念林區域內媒介昆蟲與媒介昆蟲動物天敵種

類、族群密度、習性。此外，據以探討除松斑天牛外之媒介昆蟲的可能性，與評估使用寄生性動物天敵可能性。

調查方式依下列方式執行：

(1) 媒介昆蟲調查試驗

選定中山紀念林區內，於林區之西北、西南、東北、東南進行四次試驗。每次試驗選擇具松斑天牛產卵之枯死松樹進行伐倒，並截取具產卵孔之位置之樹幹、枝條進行分段，密封於 PP 聚丙烯整理箱內 (圖二左)，整理箱大小為 690 x 480 x 407 mm。本試驗一共進行四次 (VctA, VctB, VctC, VctD)，每次試驗進行二重複 (VctA-1, VctA-2, VctB-1, VctB-2, VctC-1, VctC-2, VctD-1, VctD-2)，每 4-5 週調查一次，檢視整理箱內之所有昆蟲，並進行種類辨認，找尋可能之媒介昆蟲。

(2) 媒介昆蟲動物天敵調查試驗

選定中山紀念林區內，於林區之西北、西南、東北、東南進行四次試驗。每次試驗選擇具松斑天牛產卵之枯死松樹進行伐倒，並截取具產卵孔之位置的樹幹、枝條進行分段，置於原地並直向堆立成束 (圖二右)。本試驗一共進行四次 (EnyA, EnyB, EnyC, EnyD)，每次試驗進

行二重複 (EnyA-1, EnyA-2, EnyB-1, EnyB-2, EnyC-1, EnyC-2, EnyD-1, EnyD-2)，每 4-5 週調查一次，從成束之松樹堆內，每次選取 1-2 根段木進行調查，檢視有無天敵昆蟲或其他類群之天敵生物。



圖二、左圖為媒介昆蟲調查之試驗，右圖為媒介昆蟲動物天敵調查之試驗。

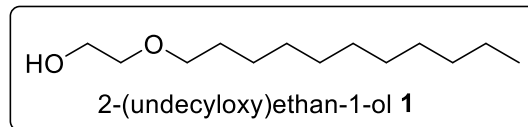
(C) 費洛蒙合成技術子計畫

3. 研發聚集費洛蒙合成技術

找尋文獻中報導合成松斑天牛的聚集費洛蒙—2-(undecyloxy)ethan -1-ol 的方法。重複不同的合成路徑，找尋合成產率高且較合適的反應條件。並且以找到的合成方法，合成 20 克的松斑天牛聚集費洛蒙供誘引器，以便進行誘引

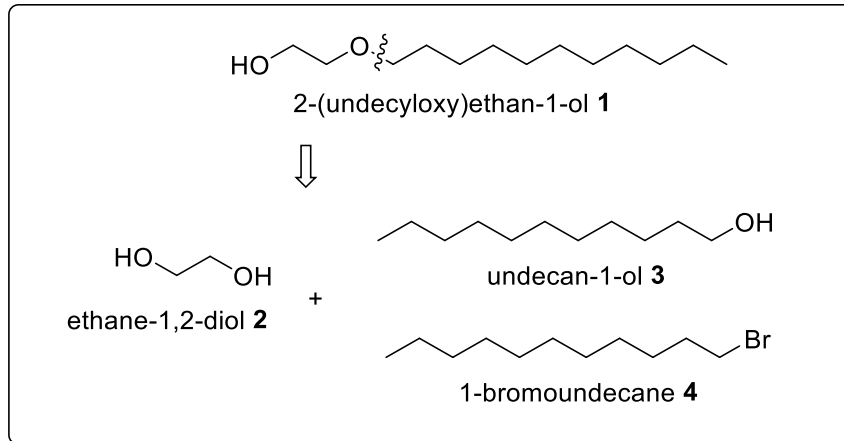
劑有效性測試。

有許多解決之道阻止松斑天牛攜帶松材線蟲危害健康的松樹，在此我們針對已知的聚集費洛蒙來誘殺松斑天牛。由文獻中得知 2-(undecyloxy)ethan-1-ol 1 (圖三) 為松斑天牛的聚集費洛蒙 (Pajares, J.A. *et al*, 2004; Pajares, J.A. *et al*, 2010; Miller, D.R. *et al*, 2005; Teale, S.A. *et al* 2011)，在此我們提出化合物 1 的合成路徑。



圖三、松斑天牛的聚集費洛蒙

化合物 1 為含有 1 個醇基的醚類化合物，依據合成的原則我們可在官能基氧旁進行斷切，這樣就可得到 ethane-1,2-diol 2 與 11 個碳的化合物。其中依循合成原則，11 個碳的化合物可以是 undecan-1-ol 3 或 1-beomoundecane 4，分別與 ethane-1,2-diol 2 進行脫水和 SN2 即可反應得到預計中的目標產物 1。(US patent, 2010) (圖四)



圖四、目標產物 1.

(B) 費洛蒙生物防治技術子計畫

4. 聚集費洛蒙誘餌不同劑量配方對松斑天牛誘引性試驗

(1) 聚集費洛蒙合成品來源與配製

供試松斑天牛聚集費洛蒙 Ethylene glycol monododecyl ether 來源有二，自 Sigma-Aldrich 購得，純度 $\geq 99.0\%$ 及由國立嘉義大學陳清玉博士合成的，純度大於 99%。

聚集費洛蒙誘餌配製時，係先調配測試配方，再以微量注射針抽取欲測試的配方及劑量裝填於塑膠微管（約 6 或 20 公分）或橡皮帽（6 號和 24 號），配製成聚集費洛蒙誘餌。再將配製好的聚集費洛蒙誘餌置於鋁箔袋中密封，貯存於 -19°C 冰櫃中備用。試驗時，從冰櫃取出之

測試用聚集費洛蒙誘餌，經回溫後，再打開使用。

(2) 田間誘蟲試驗

田間誘蟲試驗於 2016 年在台北市石潭山及金山、新北市汐止區及金門縣之松樹林區進行。試驗時，將聚集費洛蒙誘餌以透明膠帶 6 - 8 cm，黏貼於翼型黏膠式誘蟲器之上蓋 (振詠股份有限公司)，再將誘蟲器固定於松樹或其他樹木樹幹上高度約 100 - 150 cm 處。每個試驗，其誘蟲器間距離約 10 m，並以不含聚集費洛蒙誘餌之誘蟲器(blank)作為對照組，定期記錄誘捕蟲數。

(3) 松斑天牛聚集費洛蒙對松斑天牛誘引性試驗

松斑天牛聚集費洛蒙不同來源、不同劑量裝載於不同載體，對松斑天牛之誘引性試驗，分別於新北市汐止區、台北市石潭山及金山區進行四次試驗。

第一次試驗於 105 年 4 月 25 日至 105 年 6 月 1 日在新北市汐止國軍示範公墓；105 年 5 月 4 日至 105 年 7 月 1 日在台北市石潭山松樹林，分別比較松斑天牛聚集費洛蒙不同劑量：1 mg、0.5 mg、1 mg 和 2 mg/tube (Sigma) 對松斑天牛之誘引效果。本試驗以空白翼型黏膠式誘蟲器為對照，每 2 - 4 週調查一次，4 重複。

第二次試驗於 105 年 4 月 25 日起在新北市汐止國軍示範公墓比較松斑天牛聚集費洛蒙不同來源、不同劑量：0.5 mg-ch、10 mg-ch、20 mg-ch、0.5 mg-Sg、10 mg-Sg、20 mg-Sg 等對松斑天牛之誘引效果。本試驗以空白翼型黏膠式誘蟲器為對照，每 2-4 週調查一次，4 重複。

第三次試驗於 105 年 6 月 1 日至 105 年 8 月在台北金山松樹林比較松斑天牛聚集費洛蒙不同劑量聚集費洛蒙誘餌 0.1 mg、1 mg、10 mg、20 mg 和 30 mg 等對松樹松斑天牛之誘引性。本試驗使用翼型黏膠式誘蟲器，以空白翼型黏膠式誘蟲器為對照，每 2-4 週調查一次，4 重複。

第四次試驗於 105 年 6 月 22 日至 105 年 9 月 5 日，在台北市金山區松樹林比較松斑天牛聚集費洛蒙不同劑量、不同來源裝載於不同載體，對松斑天牛之誘引效果。試驗處理有 1 mg/septa-ch、1 mg/tube-ch、5 mg/septa-ch、5 mg/tube-ch、25 mg/septa-ch、25 mg/tube-ch、1 mg/septa-Sg、1 mg/tube-Sg、25 mg/septa-Sg、25 mg/tube-Sg 等 10 處理。本試驗使用翼型黏膠式誘蟲器，以不含聚集費洛蒙的翼型黏膠式誘蟲器為對照（空白組）。

本試驗 4 重複。每 4 - 5 週調查一次，調查 2 次。

5. 松斑天牛食物誘引劑誘引效果測試與改良

(1) 松斑天牛食物誘引劑的成分與製作

松斑天牛食物誘引劑的成分如表一。製作松斑天牛食物誘引劑時，將配製的食物誘引劑以 20 ml 劑量裝填於直徑 3 cm、高 5 cm 之內含有脫脂棉花黑色膠卷塑膠盒，並蓋上蓋子，再於塑膠盒周邊打 1 個直徑 1 mm 小孔。同樣，於直徑 3 cm、高 5 cm 之內含有脫脂棉花黑色膠卷塑膠盒，再將乙醇 20 ml 倒入塑膠盒內，並蓋上蓋子，再於塑膠盒周邊打 1 個直徑 3 mm 小孔。將含食物誘引劑的塑膠盒與乙醇的塑膠盒重疊（乙醇在上面，食物誘引劑在下面），以膠帶黏合固定，做成食物誘引劑。

表一、供試化學品之來源及純度

Standard compounds	Source (purity, %)
(+)-alpha-Pinene	Sigma-Aldrich Co. LLC. (98 %)
(1S)-(-)- β -Pinene	EMD Millipore (≥ 95.0 %)
(+)- β -Pinene	Sigma-Aldrich Co. LLC. (≥ 98.5 %)
(+)-camphene	Sigma-Aldrich Co. LLC. (80%)
β -myrcene	Sigma-Aldrich Co. LLC.
(R)-(+)-Limonene	Sigma-Aldrich Co. LLC. (97%)

(2) 含不同來源 β - pinene 之不同比例食物誘引劑配方對松斑

天牛之誘蟲活性試驗

2016 年 6 月至 7 月，於新北市汐止區松樹林，進行含不同來源 β - pinene 之不同比例配方對松斑天牛之誘蟲試驗。松斑天牛誘引劑成分有五個成分 I： α -pinene、II： $(+)\text{-}\beta\text{-Pinene}$ 、III： $(+)\text{-camphene}$ 、IV： $\beta\text{-myrcene}$ 、V： limonene 等。本試驗依據黃(2000)松斑天牛食物誘引劑配方分別調製兩種配方 A. I/II/III/IV/V= 98/0.5/0.5/0.5/0.5 及 B. I/II/III/IV/V=80/11/3/3/3 等。其中 II： $(+)\text{-}\beta\text{-Pinene}$ 其價格非常貴 35000 元/ 5ml。因此，取代以不同來源，不同之同分異構物(1S)-(-)- $\beta\text{-Pinene}$ ，其價格較便宜約 1840 元/100 ml 來配製，以降低食物誘引劑的成本。本試驗以原本配方 C：I/II/III/IV/V= 98/0.5/0.5/0.5/0.5 及以不含誘餌之翼型黏膠式誘蟲器為空白對照組。4 重複。

6. 複合式松斑天牛誘引劑之研發

為研發複合式松斑天牛誘引劑，本試驗分別以無水酒精和大豆沙拉油混合松斑天牛聚集費洛蒙，再將不同劑量的松斑天牛聚集費洛蒙放置於橡皮帽中，配製成不同劑量之松斑天牛聚集費洛蒙誘餌：5 mg+EtOH/septa、25 mg+EtOH/septa、25 mg+EtOH/microtube、5 mg+oil/septa、25 mg+oil/septa 等，以及

食物誘引劑 A 配方、C 配方、D 配方(α -pinene+ EtOH)、E 配方 (EOH) 等，供試驗用。

於 2016 年 7 月至 10 月在台北市石潭山、新北市汐止區及金山區松樹林進行試驗，比較不同複合式誘引劑對松斑天牛誘捕效果，本試驗進行 2 次試驗。

第一次試驗於 2016 年 7 月 14 日至 10 月 6 日，在台北市石潭山、新北市汐止區及金山區松樹林，比較 25 mg+EtOH/septa+ D 配方、25 mg+EtOH/microtube+ D 配方、25 mg+EtOH/septa+ E 配方、25 mg+EtOH/microtube+ E 配方、25 mg+EtOH/septa+ C 配方、25 mg+EtOH/microtube+C 配方等六種處理對松斑天牛之誘引效果。試驗時，將各處理分別置放於翼型黏膠式誘蟲器中，再懸掛於松樹林的樹幹上，高度約為 100 - 150 cm。本試驗 3 重複，以空白之翼型黏膠式誘蟲器為對照組，每 4 - 5 週調查一次，檢視各處理誘得的松斑天牛雌雄數目。

第二次試驗於 2016 年 8 月 10 日至 10 月 6 日，在台北市石潭山、新北市汐止區及金山區松樹林，比較 5 mg+EtOH/septa+A 配方、25 mg+EtOH/septa +A 配方、5 mg+oil/septa+A 配方、25 mg+oil/septa+A 配方等四種處理對松斑天牛之誘引效果。試驗時，先將聚集費洛蒙誘餌懸掛於布丁杯(開二個開口(8 x 4 公分))內，

再置於一層漏斗型寶瓶誘蟲器上(直徑 20 cm)，食物誘引劑固定於誘蟲器之漏斗邊緣。懸掛於松樹林的樹幹上，高度約為 100 - 150 cm。本試驗 3 重複，以空白之一層漏斗型寶瓶誘蟲器為對照組，每 4 - 5 週調查一次，檢視各處理誘得的松斑天牛雌、雄數目。

第三次試驗於 2016 年 8 月 17 日至 11 月 15 日，在金門國家公園松樹林，比較 5 mg+EtOH/septa+A 配方、25 mg+EtOH/septa+A 配方、5 mg+oil/vial+A 配方、25 mg+oil/vial+A 配方等四種處理對松斑天牛之誘引效果。試驗時，先將聚集費洛蒙誘餌懸掛於布丁杯(開二個開口(8 x 4 公分))內，再置於一層漏斗型寶瓶誘蟲器上(直徑 20 cm)，食物誘引劑固定於誘蟲器之漏斗邊緣。懸掛於松樹林的樹幹上，高度約為 100 - 150 cm。本試驗 4 重複，以含 A 配方之一層漏斗型寶瓶誘蟲器為對照組，每 4 - 5 週調查一次，檢視各處理誘得的松斑天牛雌、雄數目。

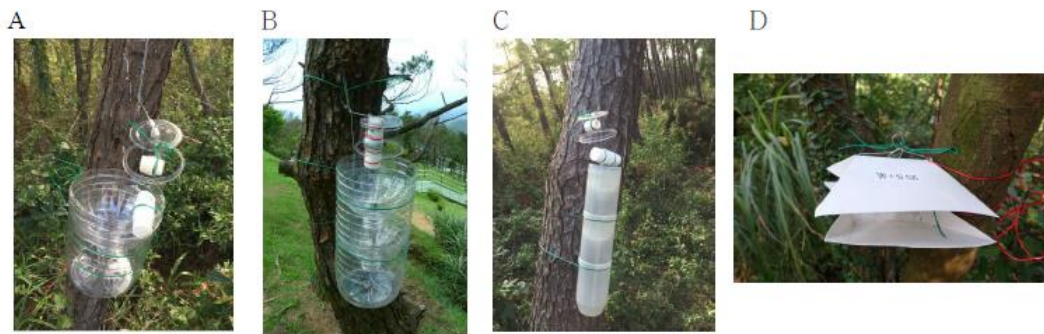
7. 松斑天牛乾式誘蟲器研發

為研發松斑天牛乾式誘蟲器，比較不同型式誘蟲器型式(圖五)對松斑天牛之誘捕效果。利用 5800 ml 的礦泉水瓶，設計製作 2 種誘蟲器：(1)一層漏斗型誘蟲器(自製，直徑 20 公分)、(2)二層漏斗型誘蟲器(自製，直徑 20 公分)，以及(3)

甘藷蟻象商品化誘蟲器(金煌塑膠股份有限公司)等。本試驗進行3次，第一次試驗：於2016年6月至2016年8月在台北市石潭山、新北市汐止區及金山區松樹林，比較不同誘蟲器型式對松斑天牛的誘捕效果。本試驗使用松斑天牛誘引劑(黃98，C配方)，以翼型黏膠式誘蟲器為對照組。約經4-5週調查一次。本試驗3重複。

第二次試驗：於2016年9月至2016年10月，在台北市石潭山、新北市汐止區及金山區松樹林，比較不同誘蟲器型式對松斑天牛的誘捕效果。本試驗使用松斑天牛誘引劑(黃98，C配方)與聚集費洛蒙橡皮帽誘餌(劑量：25 mg)，以翼型黏膠式誘蟲器為對照組。約經4-5週調查一次。本試驗3重複。

第三次試驗：於2016年8月17日至2016年11月15日，在金門國家公園松樹林，比較不同誘蟲器型式對松斑天牛的誘捕效果。本試驗使用松斑天牛誘引劑(黃98，A配方)與聚集費洛蒙橡皮帽誘餌(劑量：25 mg)，以翼型黏膠式誘蟲器為對照組。約經4-5週調查一次。本試驗4重複。



圖五、不同型式誘蟲器。

A：一層漏斗寶特瓶誘蟲器。B：二層漏斗寶特瓶誘蟲器。C：甘藷蟻象誘蟲器。D：翼型黏膠式誘蟲器。

(D) 蟲生真菌生物防治技術子計畫

8. 蟲生真菌生物防治技術

以往防治松樹萎凋病，對於大面積造林地，常以空中噴撒殺天牛化學藥劑為主，但易造成二次環境污染公害 (Yen and Tzean, 1996)，故探討其它對環境相對親合及永續性之方法，如利用可寄生松材線蟲或松斑天牛之真菌性天敵，來減少此等病原或病媒之族群，亦為可列入考量 (曾顯雄. 2011; 曾顯雄. 2015; Tzean and Liou, 1993 ; Tzean *et al.*, 1997)。

本子計畫擬應用首次於台灣本土發現、可寄生松材線蟲、具優異寄生及存活機制之新屬新種 *Esteya vermicola* (曾顯雄等 2005; Liou *et al.*, 1999; Tzean *et al.*, 2001, 2002, 2005)，以及擬探

討協同可寄生於媒介昆蟲松斑天牛之白殭菌 (*Beauveria bassiana*) (Tzean *et al.*, 1997)、丁基加保夫 (Carbosulfan)、抗生素 (streptomycin、chloramphenicol) 及乙烯合成抑制劑溴化鈷等，測試其防治入侵金門國家公園中山林區之黑松、琉球松、濕地松林，造成萎凋病之媒介昆蟲松斑天牛及松材線蟲之可能應用 (曾顯雄. 2011; 曾顯雄等, 2005; Liou *et al.*, 1999; Tzean *et al.*, 2002-2005)。

(1) 田間設計

以無人空拍機拍攝中山林區罹患松材線蟲萎凋病之松林範圍，據以標定並獲取目前罹病受害松林分佈資訊，配合地面每木調查相互比對，標定發病熱點 (hot spot) 區域。選定熱點 (plot) 中之兩個區塊，設定為萎凋病防治試驗區塊，各劃成長約 200 公尺、寬約 200 公尺之矩型區塊，每一區塊進行六重複試驗，共七種防治模式，包括以高壓灌注器分別灌注：松材線蟲寄生菌葉氏菌 (*Esteya vermicola*)、媒介昆蟲松斑天牛寄生菌白殭菌 (*Beauveria bassiana*)、葉氏菌加白殭菌 (EV+BB)、或抗生素 (streptomycin+chloramphenicol)、丁基加保扶 (Carbosulfan)、乙烯合成抑制劑 (溴化鈷) 以及只灌注無菌礦泉水之對照組 (CK)。

每一區塊，選擇 42 株罹病等級第一級之濕地松松樹，以供試驗。選擇針葉黃化但萎凋徵狀不明顯之松樹，係因罹病萎凋超過 50% 之松樹不易救活，恐影響防治成效評估。此外，每株處理松樹須設立樹籍，以一定距離，方向、角度拍照，設立基本檔案，以供後續防治成效分析。

利用七種不同處理進行防治松斑天牛或松材線蟲之試驗，七種處理整理敘述如下：

- A. 可防治松材線蟲之內寄生菌 (EV, *Esteya vermicola*)
- B. 可防治松斑天牛之白殭菌 (BB, *Beauveria basiana*)
- C. BB 菌液與 EV 菌液混合
- D. 抗生素 (Streptomycin、Chloramphenicol)
- E. 乙烯合成抑制劑 (BrCo)
- F. 化學藥劑 (丁基加保扶, Carbosulfan)
- G. 水，對照組 (H₂O)

(2) 施藥方法

選取之兩個發病熱點分別設置七個不同處理之方法、六重複，每七天灌注一次，連續三次，以測試其效果。

(3) 調查方法

藥劑灌注完成後，每月進行觀察至少一次(表二)，並於同角度進行影像攝影紀錄。並依下列公式算出罹病度

$$\text{罹病度 (\%)} = \frac{\sum(\text{指數} \times \text{該指數罹病株數})}{(4 \times \text{總調查株數})} \times 100\%$$

(4) 資料分析

各處理間進行顯著性分析，若達顯著水準，則利用 Dunnett 法進行多重比較分析檢定。

表二、罹病程度紀錄表

【金門國家公園管理處松材線蟲防治萎凋病防治計畫】
松材線蟲萎凋病生物防治技術 - 蟲生真菌生物防治技術子計畫

紀錄者：李韋辰、陳又嘉

紀錄日期：105.10.28

Treatment	ID	Disease severity (%) (<i>Pinus elliotii</i> Engelm)				
		Health	Chlorosis	Wilt		
		0級	1級 (0~25%)	2級 (26~50%)	3級 (51~75%)	4級 (76~100%)
EV	1A-1					
	1A-2					
	1A-3					
	1A-4					
	1A-5					
	1A-6					
BB+EV	1B-1					
	1B-2					
	1B-3					
	1B-4					
	1B-5					
	1B-6					
BB+EV	1C-1					
	1C-2					
	1C-3					
	1C-4					
	1C-5					
	1C-6					
S/C	1D-1					
	1D-2					
	1D-3					
	1D-4					
	1D-5					
	1D-6					
BrCo	1E-1					
	1E-2					
	1E-3					
	1E-4					
	1E-5					
	1E-6					
Carbosulfan	1F-1					
	1F-2					
	1F-3					
	1F-4					
	1F-5					
	1F-6					
CK	1G-1					
	1G-2					
	1G-3					
	1G-4					
	1G-5					
	1G-6					

Note: BB: *Beauveria basiana* ; EV, *Esteya vermicola* ; S/C: Streptomycin · Chloramphenicol ; CK: H₂O

四、 結果與討論

(一) 建立防治監測體系

1. 罹病受害區域基線調查與罹病木標定

以無人空拍機拍攝中山林範圍之空中影像，據以標定罹病木分布及罹病受害區域資訊。利用共計三次之空中影像進行罹病木之調查與標定。

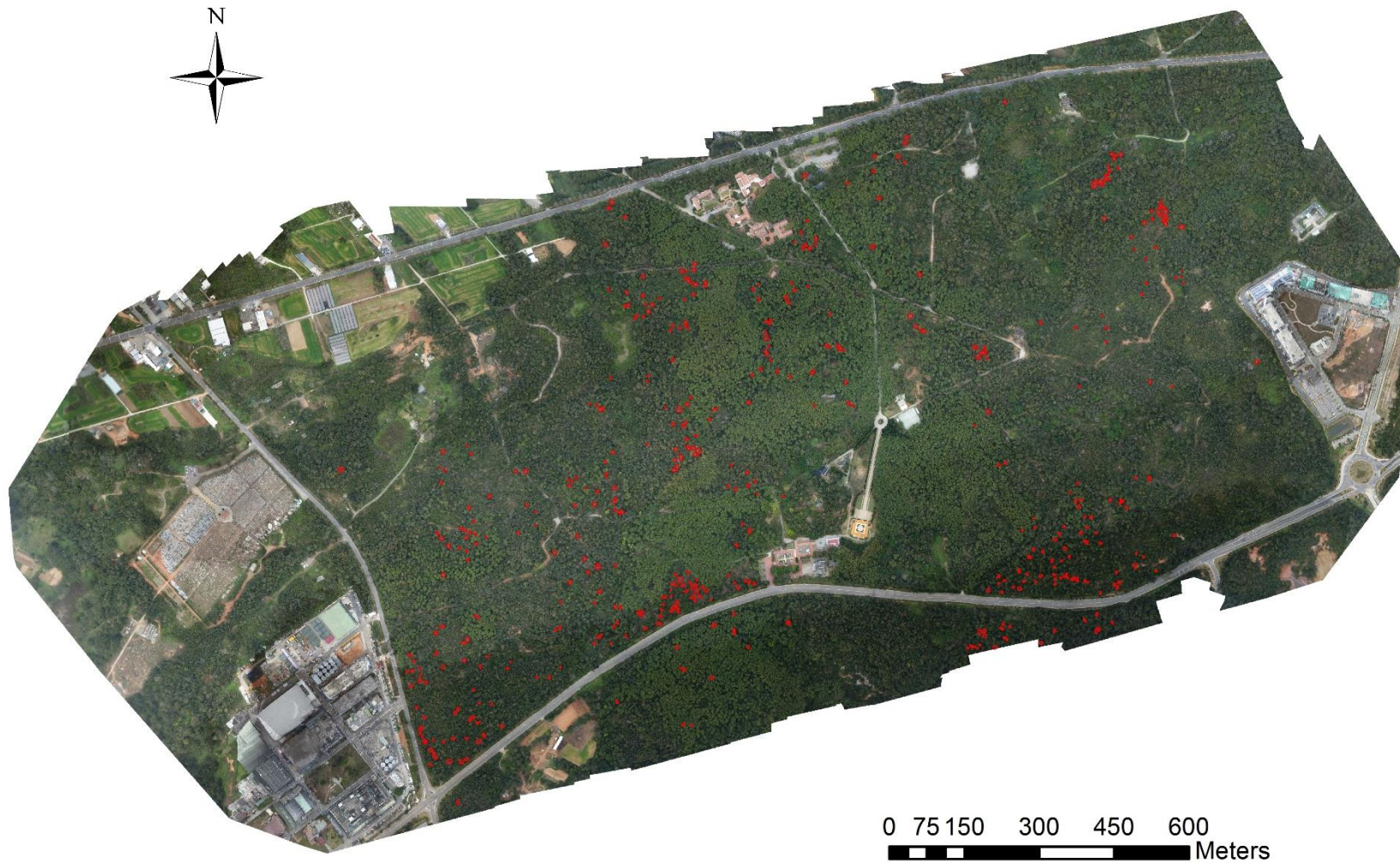
第一次空照圖為 2 月 23 日，資料參考自合作廠商過去進行空拍攝影之資料，標定罹病木分布位置如圖六。

第二次空照圖（間隔約五個月）為 7 月 30 日，標定罹病木分布位置如圖七。

第三次空照圖（間隔三個半月）為 11 月 14 日，標定罹病木分布位置如圖八。

在進行空照圖之後，利用地面人工進行現場觀測比對是否確診為罹病木。

三次空照圖之結果，將以第一次為建立罹病受害情形之基線資料，作為監測比較之基礎，利用第二及第三次空照圖進行地理分布分析，瞭解罹病擴散之速度或方向，初步之罹病擴散情形如圖九及圖十。



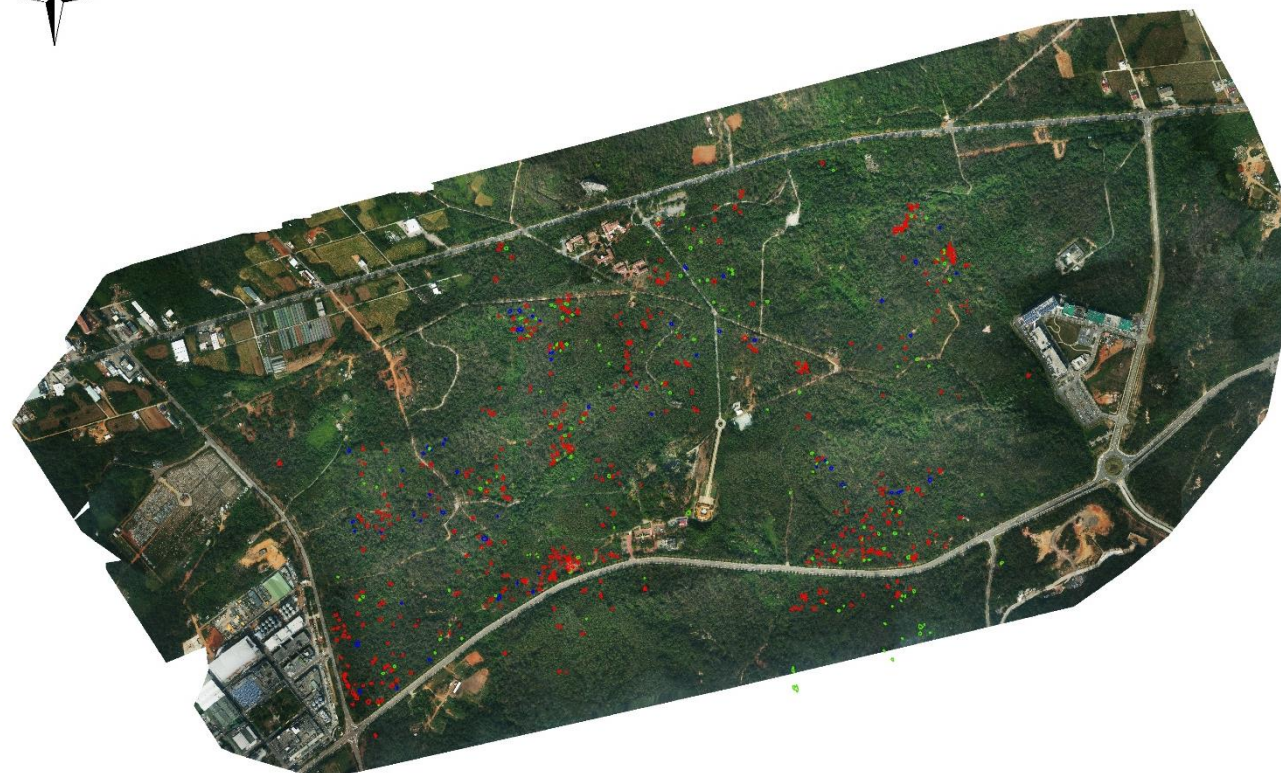
圖六、第一次中山林空照圖 (105 年 2 月 23 日)。

紅色標示為罹病木位置。



圖七、第二次中山林空照圖(105年7月30日)。

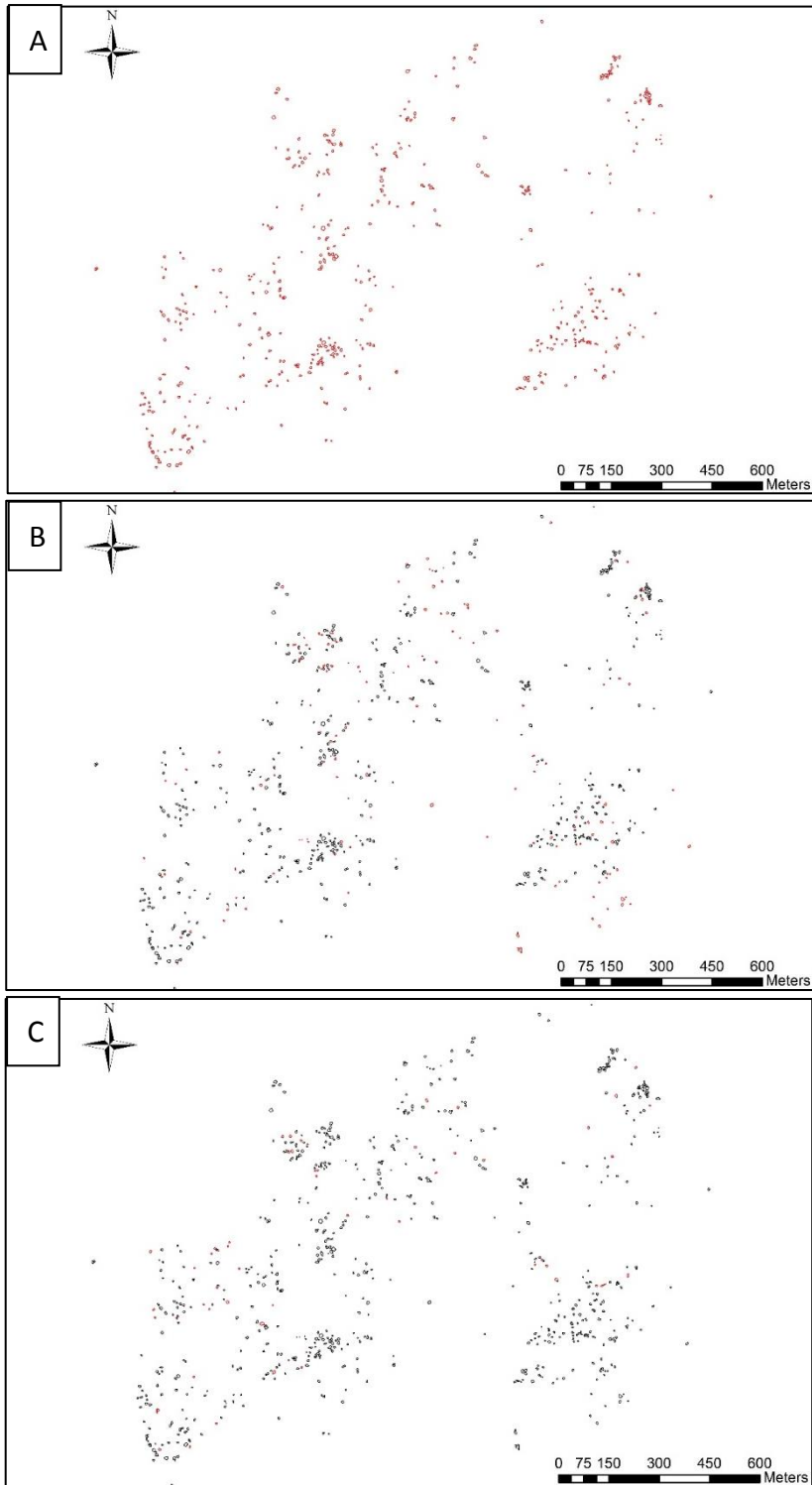
紅色標示為第一次空照圖罹病木位置，綠色標示為第二次新增之罹病木位置。



0 115230 460 690 920
Meters

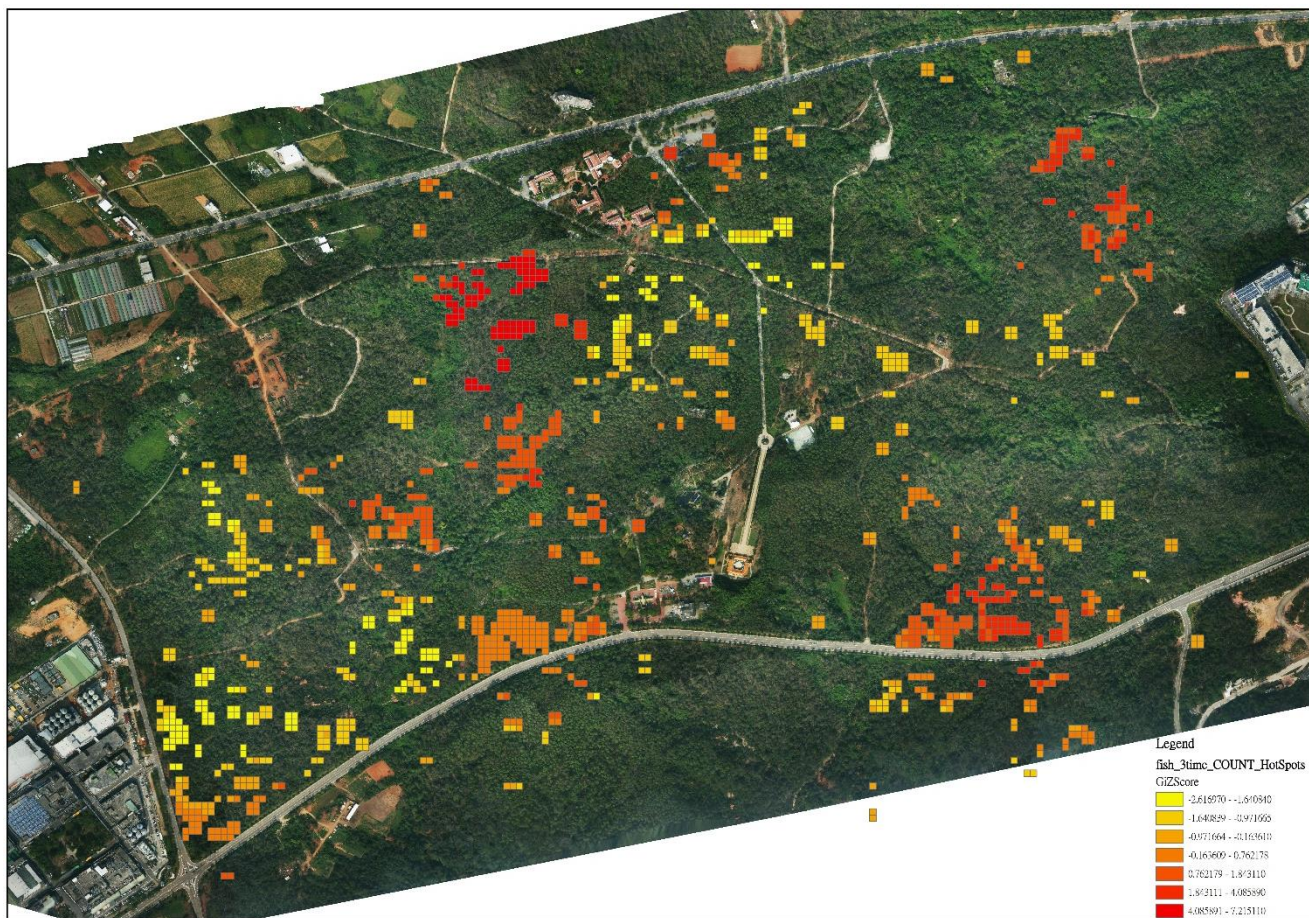
圖八、第三次中山林空照圖 (105 年 11 月 14 日)。

紅色標示為第一次空照圖罹病木位置，綠色標示為第二次新增之罹病木位置，藍色標示為第三次新增之罹病木位置。



圖九、初步罹病擴散情形。

A、B、C 分別代表三次空照圖之分布，其中黑色標示為原有罹病木，紅色標示為更新罹病木。



圖十、罹病群聚情形。

2. 建立松材線蟲萎凋病罹病受害程度等級野外判釋圖鑑

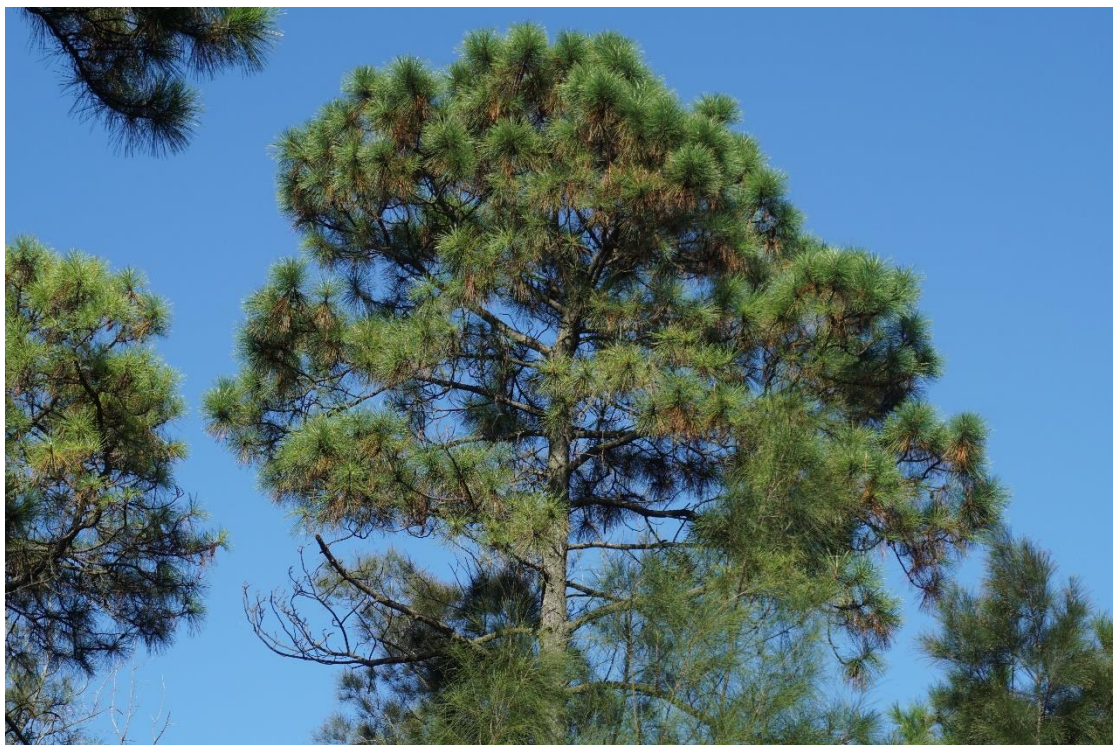
本計畫將松樹松材線蟲萎凋病發病級數，分為 0、1、2、3、4，五個等級分述如下並附上相關判定圖鑑：



- 0 級：無病徵。



- 1 級：樹冠層針葉褪色病產生黃化、枯萎程度約占 0-25%。



- 2 級：樹冠層針葉褪色病產生黃化、枯萎程度約占 26-50%。



- 3級：樹冠層針葉褪色病產生黃化、枯萎程度約占 51-75%。



- 4級：樹冠層針葉褪色病產生黃化、枯萎程度約占 76-100%。

根據以上之發病級數，進行製作野外判釋圖鑑，可配合空拍影像罹病木標定作業，進行地面之觀察，確認空拍影像能正確判定不同危害程度之等級。

3. 研析罹病受害區域特性及擴散速度與防治效果比較

本試驗藉由空拍中山林園區內罹病之樹木，進行標定後計算罹病株樹，計算罹病株數分別為：

第一次 (105 年 02 月)：483 株

第二次 (105 年 07 月)：增加 144 株，累計 627 株

第三次 (105 年 11 月)：增加 57 株，累計 684 株

透過空拍影像罹病木標定後，透過每株罹病木中心點 GPS 座標呈現空間分佈圖，利用軟體 ArcMap v.10.4.1 進行分析，瞭解罹病木是否呈現群聚、分散或隨機等類型。預計 12 月完成空照標示與地面人工觀測比對確診罹病木，以及防治效果之初步結果確認後，進行比對分析松樹罹患松材線蟲之擴散之類型。若為群聚類型，罹病地點呈現高度群聚趨勢，空間上常呈現聚集一處或多處 (發病熱點)，分散分佈則可由一定因子推測下一分散之位置範圍，隨機分佈則沒有顯著之空間群集與均勻分布之趨勢。

利用核密度推估法，結果如圖十，可見其具有顯著聚集

點 (hotspot)，而因本年度受颱風災害影響，未能確切了解擴散之模式 (圖九)，預計明年將進行進一步之空拍並加以分析探討。

(二) 發展松材線蟲萎凋病生物防治技術

1. 松材線蟲萎凋病防治文獻分析

目前松樹萎凋病之防治策略原則，一般可以分成三個方向，一是針對媒介昆蟲松斑天牛，撲滅病媒天牛，如在大面積之山區又無污染水源之疑慮時，可以採行於每年天牛羽化(5-7月)期，採空中噴藥，如速滅松 (Sumithion) 等。但藥劑防治常造成環境污染和二次公害，而為一般民眾所排拒，因而利用松斑天牛之天敵，如啄木鳥、寄生性昆蟲、線蟲或真菌，如白殭菌等，來降低或壓抑天牛之族群數(島津, 1994; Jatala, 1986; Sayre, 1980; Kishi, 1995; Kosaka and Ogura, 1994; Liou and Tzean, 1992; Tzean and Liou, 1993; Tzean *et al.*, 1997) 此外昆蟲皆會受費洛蒙類之物質之誘引，松斑天牛也不例外 (Kim *et al.*, 1992)，故在生物防治松斑天牛之應用上，似可將誘引劑配合寄生性真菌或其它毒殺天牛之化學藥劑 (島津, 1994; Kosaka and Ogura, 1994; Tzean and Liou, 1993; Tzean *et al.*, 1997; Sung *et al.*, 1995)一起使用，進行綜合防治。其次是

直接防治松材線蟲；防治松材線蟲一般只能小面積進行，如寺廟、校園、森林遊樂區、高爾夫球場等，具景觀價值之松樹來加以防治。通常於松樹地基部挖環溝，再掩埋系統性藥劑，如二硫松 (Disyston)、納乃得 (Lannate) 等，或以藥劑進行高壓點滴灌注，常用之藥劑如日產之 Green Guard、Century、Nemanone 等，此等藥劑，前二者為驅迴蟲藥，故具低毒性之優點 (Kish,1995)。此外，國內台灣大學植物病理與微生物學系(以下簡稱台大植微系) 應用真菌研究室最近也發現一些原為腐生性之擔子菌類之皮殼菌 (*Polyporales*, *Meruliaceae*, *Hyphoderma* spp.)，可以利用冠囊體 (stephanocyst) 來粘著寄生松材線蟲 (Liou and Tzean, 1992; Tzean and Liou, 1993) 而這些冠囊體具有寄主專一性,通常只對松材線蟲、水稻白葉尖病線蟲、草莓葉芽線蟲等常寄生作物之地上部之葉、芽、或花器之線蟲，有較強的附著和寄生能力。而有些 *Hyphoderma* 其菌絲體常含有某些有毒物質或抑制劑 (inhibitor)，在其被松材線蟲取食後，常可將松材線蟲麻痺毒殺之後，再纏繞侵入松材線蟲、破壞其組織器官，吸收其養份 (Tzean and Liou, 1993)。此等真菌也可以人工大量繁殖再以高壓點滴灌注之方式注入松樹樹幹，以達

到防治松材線蟲之效果。因皮殼菌為腐生性，對松樹不具病原性，通常腐生於木材之樹皮，故生態習性和松樹以及地上部寄生性之葉芽、莖線蟲具親和性，故以此推斷此等灌入松樹樹幹之皮殼菌，一則不會造成松樹生病，二則可以利用松樹之無生命之木質部存活，其菌絲體或冠囊體隨水份蒸散流擴散松樹全株，有機會遇到松材線蟲時，即可寄生或毒殺松材線蟲，而收到降低或壓抑其族群之效果。最近，*E. vermicola* 在韓國之松林土壤中被分離，初階段證實其對松材線蟲具吸引力，並可於木質部中寄生松材線蟲，並延續其致死時限 (Wang *et al.*, 2009, 2010)。防治松樹萎凋病之第三個方向，係針對松樹自身，進行抗病單株選拔，或抗病性，免疫性 (immune) 品種之育種，並經由組織培養或其他適當方法大量無性繁殖、推廣。但目前仍無較佳之抗病品種育成，故有待繼續研究探討 (kondo *et al.*, 1982) (Kishi,1995; Ikeda, 1984; Jatala, 1986; Magara *et al.*, 1981; Sayre, 1980)。

2. 媒介昆蟲相調查

(1) 寄生性動物天敵調查：

11 月調查發現樣木堆 EnyA-1 之松斑天牛已羽化飛出，可能並非去年染病株；EnyC-1、EnyC-2 之樣木皆無天牛前

來產卵。故未來仍須另尋替代樣木進行調查。

本次調查選取樣區 EnyA、EnyC 各 1 段樣木進行解剖，共記錄 14 筆松斑天牛幼蟲之活動區塊，其中有 7 隻天牛存活、2 隻狀況不明。預計本年度 12 月份再進行一次調查，以增加觀測樣本。

死亡之 5 隻天牛幼蟲中，有 2 隻為幼齡期直接被松鼠剝樹皮取食，3 隻原因不明，本次未發現天敵昆蟲或其他類群之天敵生物。

75% 以上的松斑天牛幼蟲走道受到松鼠破壞，這個現象與過去在台灣本島的紀錄類似。松鼠剝除樹皮除了直接捕食天牛幼蟲外，也可能會影響天牛幼蟲之發育。以上結果整理如下表三。

表三、105 年 11 月金門松樹樣木中松斑天牛存活情形

樣區 編號	枯木樣 本編號	天牛 編號	形成 孔道	形成 蛹室	齡級	存活情形	松鼠 剝樹皮	致死天敵種類	備註
	EnyA1	-	-	-	-	-	-	-	-
EnyA	EnyA2	EnyA2-1	-	是	終齡	正常	無	無	-
		EnyA2-2	否	-	-	死亡	有	松鼠	-
		EnyA2-3	是	-	-	死亡	有	不明	-
		EnyA2-4	-	是	終齡	正常	無	無	-
		EnyA2-5	-	是	終齡	正常	有	無	-
		EnyA2-6	是	是	終齡	正常	有	無	-
		EnyA2-7	是	-	終齡	體型較小	有	無	-
		EnyA2-8	否	-	幼齡	正常	無	無	-
	EnyB1	-	-	-	-	-	-	-	
EnyB	EnyB2	EnyB1-1	是	-	中齡	死亡	有	不明，可能松鼠	-

	EnyB1-2	是	-	-	-	有	-	深入枝節
	EnyB1-3	是	-	中齡?	死亡	有	不明，可能松鼠	-
	EnyB1-4	否	-	幼齡	死亡	有	松鼠	-
	EnyB1-5	-	是	終齡	體型較小	有	無	-
	EnyB1-6	是	-	-	-	有	-	深入枝節
EnyC	EnyC1	-	-	-	-	-	-	-
	EnyC2	-	-	-	-	-	-	-
EnyD	EnyD1	-	-	-	-	-	-	-
	EnyD2	-	-	-	-	-	-	-

(2) 媒介昆蟲種類調查：

整理箱內之媒介昆蟲種類調查，預計於 2017 年 1 月進行第一次調查。

整理參考 105 年金門國家公園中山林松材線蟲防治夜間捕捉松斑天牛案報告，其調查時間為松斑天牛羽化期 (105 年 5-6 月)，其研究報告中曾於金門中山林區夜間點燈採集誘捕天牛，誘捕之天牛種類為：松斑天牛 (3 隻)、奧氏凹胸天牛 (65 隻)、甲仙窄胸天牛 (大眼天牛) (73 隻)、銹天牛類 (1 隻)，其中以大眼天牛數量最多，奧氏凹胸天牛次之，松斑天牛及銹天牛相對較少。針對以上於中山林夜間採樣之天牛種類，根據周文一先生之博士研究論文之資料，依天牛種類、取食植物及地理分布說明整理如下表四。

由表三中，可見甲仙窄胸天牛其主要取食植物為禾本科類，目前尚無取食松樹之觀察紀錄。而銹天牛類主要有 40

種，其中可能取食針葉樹之天牛為側紋新島天牛、裸背銹天牛、瀧木氏銹天牛、八仙銹天牛及下村氏裸胸天牛五種，但其地理分布位置，主要為高海拔或低緯度之區域。根據以上資料，排除甲仙窄胸天牛及銹天牛類可能為松材線蟲之媒介昆蟲之可能。

奧氏凹胸天牛之主要寄主植物為針葉樹，可能包含松樹類，且於夜間燈光誘集上，其族群數量相當大，但於前一項試驗中，利用枯死松樹進行之寄生性天敵調查結果，目前只發現松斑天牛之幼蟲、蛀食之隧道、產卵孔及羽化孔，尚未發現奧氏凹胸天牛之幼蟲及相關痕跡，對於其是否可能為松材線蟲之媒介昆蟲仍需進一步研究。

表四、在中山林採樣之天牛

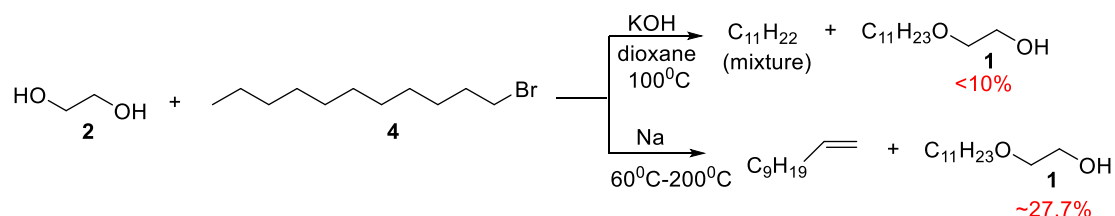
依照分類順序依序排列，其中鏽天牛類因種類繁多，故將所有可能為之鏽天牛之種類列出。

No	中文名	俗名	科	族	學名	食草植物	說明
1	甲仙窄胸天牛	大眼天牛	太古天牛科	窄胸天牛族	<i>Philus pallescens pallescens</i> Bates, 1866	禾本科	成蟲不進食
2	奧氏凹胸天牛	對馬凹胸天牛	天牛科-黑天牛亞科	幽天牛族	<i>Cephalallus oberthuri</i> Sharp, 1905	針葉樹	成蟲不進食
3	台灣雙星鏽天牛	淡雙紋鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	白星鏽天牛族	<i>Ropica formosana</i> Bates, 1866	闊葉林	
4	香瓜鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	白星鏽天牛族	<i>Apomecyna saltator</i> (Fabricius, 1781)	瓜科植物	
5	胸紋鏽天牛	四條白星鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	白星鏽天牛族	<i>Apomecyna historio</i> (Fabricius, 1792)	瓜科植物	
6	黃條尖翅鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	白星鏽天牛族	<i>Iproca flavolineata</i> Hayashi, 1971	闊葉林	
7	雙星鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	白星鏽天牛族	<i>Ropica dorsalis</i> Schwarzer, 1925	闊葉林	
8	蘭嶼緣紋鏽天牛	蘭嶼橫紋鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	白星鏽天牛族	<i>Ropica fuscolaterimaculata</i> Hayashi, 1974	榕屬植物	分布於蘭嶼
9	蘭嶼雙星鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	白星鏽天牛族	<i>Ropica honesta</i> Pascoe, 1865	闊葉林	
10	黑鏽麗天牛	黑鏽綾天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Abryna coenosa</i> Newman, 1842	禾本科 竹子	
11	鏽麗天牛	鏽綾天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Abryna obscura</i> Schwarzer, 1925	闊葉林	
12	霜斑鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Desisa kuraruana</i> (Matsushita, 1935)	闊葉林	
13	蓬萊白條鏽天牛	高砂白帶鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Desisa takasagona</i> Matsushita, 1933	闊葉林	
14	紋斑鏽天牛	斑鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Desisa variabilis</i> (Schwarzer, 1925)	闊葉林	
15	白斑矮天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Egesina (Egesina) albofasciata</i> Hayashi, 1971	闊葉林	
16	野村氏天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Egesina (Egesina) nomurai</i> Hayashi, 1994	闊葉林	
17	側紋新島天牛	橫紋荒毛鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Egesina (Nijimaia) fuscolaterimaculata</i> Hayashi, 1971	針葉闊葉混合林	分布於山區海拔 300~2,500 m
18	中條氏擬叉尾天牛	淡色雙紋天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Nipholophia chujoi</i> Gressitt, 1951	闊葉林	
19	灰身叉尾天牛	灰色矢尾天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Niphona furcat</i> (Bates, 1873)	禾本科 竹子	
20	印度叉尾天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Niphona parallela</i> (White, 1858)	茄冬	
21	矢野氏叉尾天牛	矢野矢尾天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Niphona yanoi yanoi</i> Matsuchita, 1934	闊葉林	
22	邦克氏鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Prosoplus (Prosoplus) bankii</i> (Fabricius, 1775)	苦楝、茄冬、榕屬	
23	望洋平山天牛	水沼茶翅天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pseudanaesthetis mizunumai</i> Hayashi, 1974	闊葉林	

No	中文名	俗名	科	族	學名	食草植物	說明
24	紅翅平山天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pseudanaesthetis rufipennis</i> (Matsushita, 1933)	闊葉林	
25	瘤翅鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Ale) gibbosipennis gibbosipennis</i> Pic, 1926	殼斗科植物	
26	輪紋鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Hylobrotus) annulata</i> (Chevrolat, 1845)	闊葉林	
27	虹紋鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Hylobrotus) formosana</i> Schwarzer, 1925	闊葉林	
28	橫帶鏽天牛	橫條鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Hylobrotus) latefascia</i> Schwarzer, 1925	闊葉林	
29	裸背鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pseudale) dorsotuberculare</i> (Hayashi, 1984)	針葉闊葉混合林	分布於山區海拔 1,400~2,200 m
30	昇條鏽天牛	台灣無翅鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pseudale) fasciata</i> Schwarzer, 1925	殼斗科植物	
31	藤花鏽天牛	條鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pterolophia) obscura boscura</i> Schwarzer, 1925	闊葉林	
32	雙瘤鏽天牛	高條鏽天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pterolophia) bigibbera</i> (Newman, 1842)	闊葉林	
33	後紋鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pterolophia) granulata</i> (Motschulsky, 1866)	闊葉林	
34	姬後紋鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pterolophia) kaleea kaleea</i> (Baes, 1866)	闊葉林	
35	灌木氏鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pterolophia) kubokii</i> Hayashi, 1976	針葉闊葉混合林	主要分布於本島高屏地區
36	白緣鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pterolophia) laterialba</i> (Schwarzer, 1925)	闊葉林	
37	八仙鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pterolophia) reduplicata</i> Gressitt, 1951	針葉闊葉混合林	主要分布於本島中部山區
38	白尾鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Pterolophia (Pterolophia) zonata</i> (Bates, 1873)	闊葉林	
39	黃條裸胸天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Similosodus taiwanus</i> Hayashi, 1966	闊葉林	
40	下村氏裸胸天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Similosodus torui</i> Holzschuh, 1989	針葉闊葉混合林	分布於北部山區海拔 1,000~1,800 m
41	白紋長角鏽天牛	白帶粗筒天牛	天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Sthenias cylindricus</i> Gressitt, 1939	殼斗科植物	
42	大白紋長角鏽天牛		天牛科-粗天牛亞科	鏽天牛族	<i>Sthenias semicylindricus</i> Hayashi, 1974	殼斗科植物	
43	松斑天牛		天牛科-粗天牛亞科	長角天牛族	<i>Monochamus alternatus</i> Hope, 1842	松樹	

3. 研發聚集費洛蒙合成技術

首先將 1-bromoundecane 4 (1eq.)與化合物 2 (5eq.) 混合，在 KOH (1.1eq.) /dioxane，100°C 下反應 5-10 小時，產物不超過 10%，其中有許多極性很大的未知副產物與可能是 1-bromoundecane 4 直接與 KOH 進行 E2 反應的烯類副產物。之後修改鹼性試劑為 1 當量鈉金屬，加到化合物 2 (3eq.) 中，反應中未添加任何溶劑，直接加熱至 60°C，直到鈉金屬完全溶解後，加入化合物 4 (1eq.) 並提高反應溫度至 200°C 反應 4 小時，純化後得到 E2 產物 15.4% 與目標產物 27.7%。(Eq.1)

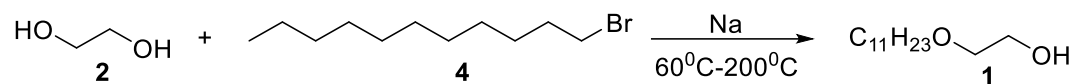


Equation 1

雖然由 H-NMR 與 GC-mass 圖譜都證實我們得到目標產物 1，但我們需要合成 20 克的目標產物，只有 27.7% 的產率是無法辦到的。針對反應的結果顯示，我們需要加多起始物 2 以便減少 Na 金屬與化合物 4 進行 E2 的副反應。所以我們再改變反應條件，將化合物 2 提高至 6 當量與 10 當量，其餘反應條件皆不改變，結果產物可分別提高產率到 50% 與 70%。(Scheme 1)

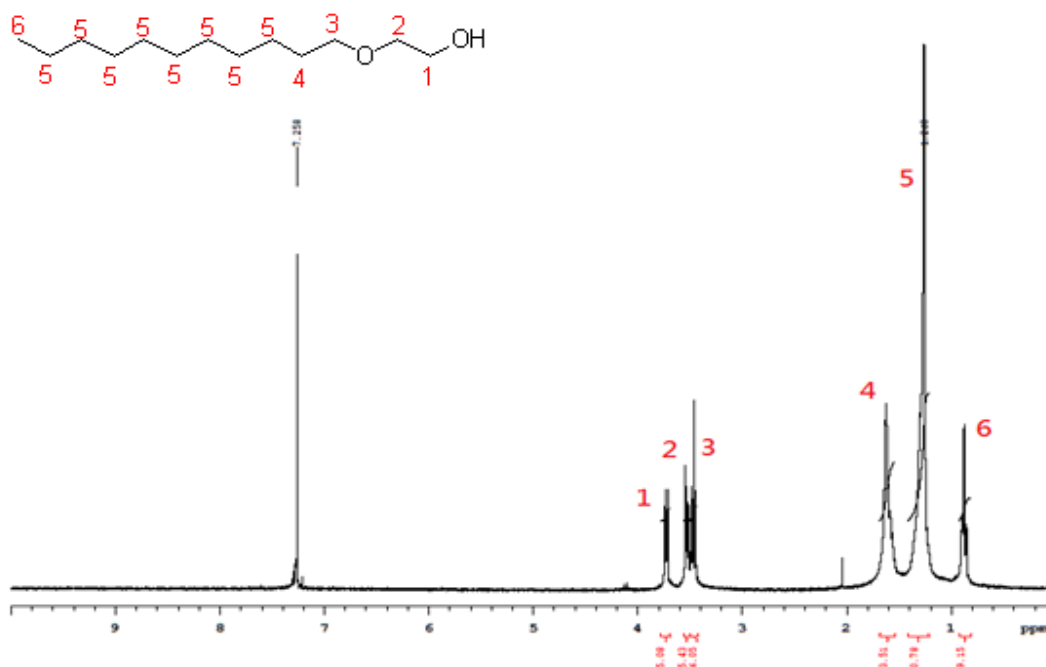
產物 2-(undecyloxy)ethan-1-ol 1 的 H-NMR 與 GC-mass 圖譜如下

圖所示。(圖十一、十二、十三)

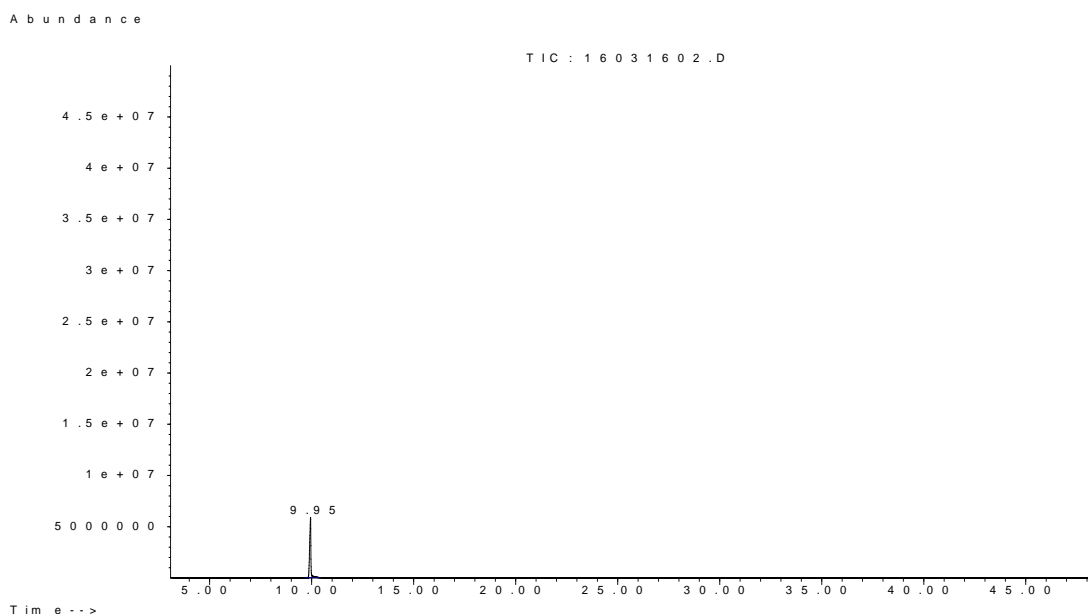


	S.M.2	S.M.4	Product1 (yield%)
	6	1	50%
equiv.	10	1	70%

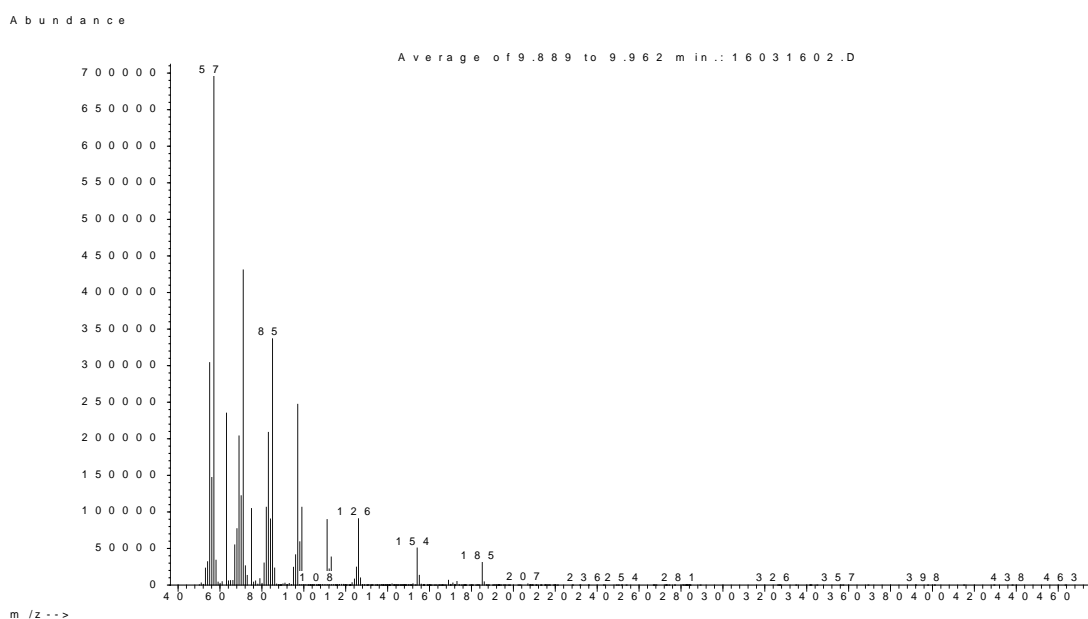
Scheme 1



圖十一、松斑天牛費洛蒙的 H-NMR 圖譜



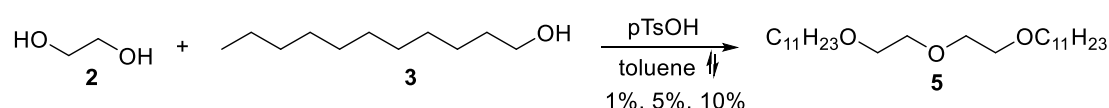
圖十二、松斑天牛費洛蒙的 GC 圖譜



圖十三、松斑天牛費洛蒙的 GC-mass 圖譜

另外我們亦嘗試使用酸性條件來合成產物費洛蒙 1。我們依據文獻中脫水的一般反應條件，將起始物 undecanol 3 (1eq.) 與化合物 2(1eq.)，分別加入 pTsOH 1%、5%、與 10%，在 0.3M toluene

下使用 Dean-Stark 迴流裝置，反應 5-10 小時，但主要結果都還是起始物 3 與少量的脫水化合物 5。在酸性條件下我們無法控制只在單邊進行脫水反應得到目標產物 1。(Eq. 2)



Equation 2

最後我們的反應條件是採用以鈉金屬為鹼性試劑，其反應條件如下：1 當量鈉金屬，加到化合物 2 (10eq.) 中，反應中未添加任何溶劑，直接加熱至 60°C，直到鈉金屬完全溶解後，加入化合物 4 (1eq.) 並提高反應溫度至 200°C 反應 4 小時，得到約 25 克的目標產物 1，產率約 72%。

4. 聚集費洛蒙誘餌不同劑量配方對松斑天牛誘引性試驗

松斑天牛聚集費洛蒙不同來源、不同劑量裝載於不同載體，對松斑天牛之誘引性結果，僅於第四次試驗處理 25 mg/septa-ch，來源為嘉義大學陳清玉博士合成的松斑天牛聚集費洛蒙，以 25 mg 裝載於橡皮帽配方於金山區誘捕到 1 隻松斑天牛；而於第一、二和三次試驗皆沒誘引到任何松斑天牛成蟲。

綜合以上結果顯示嘉義大學陳清玉博士合成的松斑天牛聚集費洛蒙，對松斑天牛具誘蟲活性。

5. 松斑天牛食物誘引劑誘引效果測試與改良

取代以不同來源，不同之同分異構物之松斑天牛食物誘引劑 A、B 配方，經於新北市汐止區松樹林進行誘蟲試驗結果，A、B、C 三種配方的誘蟲總數，分別為 5、1、1 隻，以 A 配方對松斑天牛的誘蟲效果較佳 (表五)。因此，以後試驗用的松斑天牛食物誘引劑可使用 A 配方，其 II 成分替代以 (1S)-(-)- β -Pinene，每個誘引劑成本減少 698.2 元。

表五、各配方內容物及捕捉松斑天牛之數量

	I. α -pinene	II. (+)- β -pinene	III. (+)-camphene	IV. β -myrcene	V. limonene	捕獲松斑 天牛數量 (隻)
A 配方*	98	0.5	0.5	0.5	0.5	5
B 配方*	80	11	3	3	3	1
C 配方	98	0.5	0.5	0.5	0.5	1
對照組	0	0	0	0	0	0

*取代以不同來源，不同之同分異構物 (1S)-(-)- β -Pinene

6. 複合式松斑天牛誘引劑之研發

第一次試驗結果，經 3 次調查，以處理 25 mg+EtOH/septa+ C 配方對松斑天牛誘引效果較佳，誘蟲 4 隻 (汐止、金山)。處理 25 mg+EtOH/microtube+ D 配方對松

斑天牛誘引到 2 隻（汐止、石壇山）。處理 25 mg+EtOH/septa+ D 配方對松斑天牛誘引到 1 隻（金山）。其他處理則無誘引到松斑天牛（表七）。

第二次試驗其結果，聚集費洛蒙誘餌中含無水酒精和大豆沙拉油對松斑天牛誘引效果之影響。經 2 次調查，以處理 25 mg+EtOH/septa +A 配方與處理 25 mg+oil/septa+A 配方之總誘蟲數各 2 隻。處理 5 mg+oil/septa+A 配方，誘引到 1 隻。第一次於新北市汐止區以 25 mg 含大豆沙拉油之配方，誘引到 2 隻、25 mg 含無水酒精之配方，誘引到 1 隻和 5 mg 含大豆沙拉油之配方，誘引到 1 隻，第二次以 25 mg 含無水酒精之配方，誘引到 1 隻。其他地區則無誘引到松斑天牛（表八）。

第三次試驗：本試驗於今年中秋節時遇颱風，於 9 月 22 日重新設置試驗。經 1 次調查，於處理 5 mg+EtOH/septa+A 配方誘捕到 1 隻雌的松斑天牛（表九）。

綜合以上結果顯示，松斑天牛聚集費洛蒙以 25 mg 混合沙拉油或無水酒精，配合 A 配方為對松斑天牛較佳的誘引配方。

表六、各配方之內容物

	I. α -pinene	II. (+)- β -pinene	III. (+)-camphene	IV. β -myrcene	V. limonene	VI. EtOH
A 配方	v	v	v	v	v	-
C 配方	v	v	v	v	v	-
D 配方	v	-	-	-	-	v
E 配方	-	-	-	-	-	v

表七、試驗一之各配方之內容物及捕捉松斑天牛之數量

試驗一	A 配方	C 配方	D 配方	E 配方	5 mg+EtOH/septa	25 mg+EtOH/ septa	25 mg+EtOH/ microtube	5 mg+oil/septa	25 mg+oil/septa	捕捉松斑 天牛數量 (隻)
處理一	-	-	v	-	-	v	-	-	-	1
處理二	-	-	v	-	-	-	v	-	-	2
處理三	-	-	-	v	-	v	-	-	-	0
處理四	-	-	-	v	-	-	v	-	-	0
處理五	-	v	-	-	-	v	-	-	-	4
處理六	-	v	-	-	-	-	v	-	-	0
對照組	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

表八、試驗二之各配方之內容物及捕捉松斑天牛之數量

試驗二	A 配方	C 配方	D 配方	E 配方	5 mg+EtOH/septa	25 mg+EtOH/ septa	25 mg+EtOH/ microtube	5 mg+oil/septa	25 mg+oil/septa	捕捉松斑 天牛數量 (隻)
處理一	v	-	-	-	v	-	-	-	-	0
處理二	v	-	-	-	-	v	-	-	-	2
處理三	v	-	-	-	-	-	-	v	-	1
處理四	v	-	-	-	-	-	-	-	v	2
對照組	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

表九、試驗三之各配方之內容物及捕捉松斑天牛之數量

試驗三	A 配方	C 配方	D 配方	E 配方	5 mg+EtOH/septa	25 mg+EtOH/ septa	25 mg+EtOH/ microtube	5 mg+oil/vial	25 mg+oil/vial	捕捉松斑 天牛數量 (隻)
處理一	v	-	-	-	v	-	-	-	-	1
處理二	v	-	-	-	-	v	-	-	-	0
處理三	v	-	-	-	-	-	-	v	-	0
處理四	v	-	-	-	-	-	-	-	v	0
對照組*	v	-	-	-	-	-	-	-	-	0

7. 松斑天牛乾式誘蟲器研發

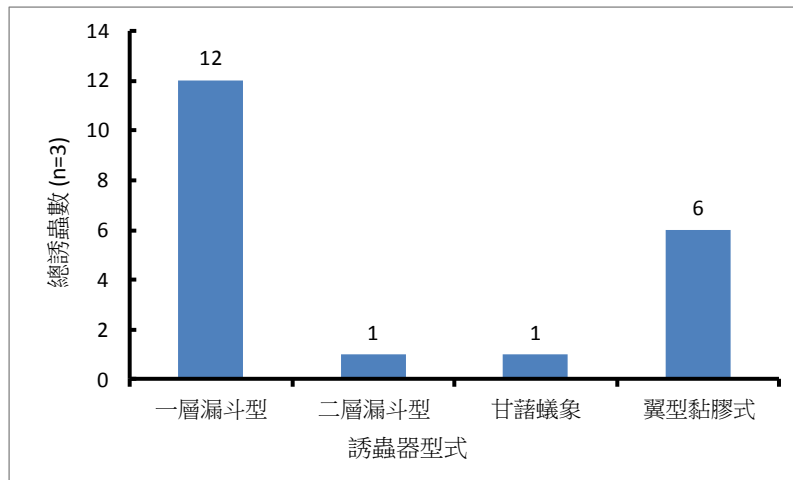
第一次試驗：不同誘蟲器型式對松斑天牛的誘捕效果如圖十四。經 2 次調查，以一層漏斗型誘蟲器對松斑天牛的誘捕效果最佳，誘蟲總數為 12 隻。其他型式：翼型黏膠式誘蟲器、二層漏斗型誘蟲器及甘藷蟻象商品化誘蟲器之誘蟲總數分別為 6、1、1 隻。於新北市金山區用一層漏斗型誘蟲器誘引到 7 隻、翼型黏膠式誘蟲器誘引到 4 隻、二層漏斗型誘蟲器和甘藷蟻象商品化誘蟲器各誘引到 1 隻。新北市汐止區則一層漏斗型誘蟲器誘引到 2 隻、翼型黏膠式誘蟲器誘引到 1 隻、台北市石壇山則一層漏斗型誘蟲器誘引到 2 隻、翼型黏膠式誘蟲器誘引到 1 隻等。

第二次試驗：不同誘蟲器型式對松斑天牛的誘捕效果，經 1 次調查，皆無誘引到松斑天牛。

第三次試驗：本試驗於今年中秋節時遇颱風，於 9 月 22 日重新設置試驗。經 1 次調查，不同誘蟲器型式對松斑天牛的誘捕效果，於翼型黏膠式誘蟲器誘捕 2 隻天牛，二層漏斗型寶特瓶誘蟲器誘捕到 1 隻。

綜合以上結果：不同誘蟲器型式對松斑天牛之誘捕效果，經 3 次試驗顯示以一層漏斗型誘蟲器（自製，直徑 20 公分）

較佳。



圖十四、不同誘蟲器型式對松斑天牛之誘捕效果。

8. 蟲生真菌生物防治技術

本試驗利用七種不同處理進行防治松斑天牛或松材線蟲之試驗，選取之兩個發病熱點分別設置七個不同處理之方法、六重複，每七天灌注一次，連續三次，以測試其效果。選取罹病程度為一級之松樹，其 GPS 座標及相對應之試驗處理如表十及圖十五。

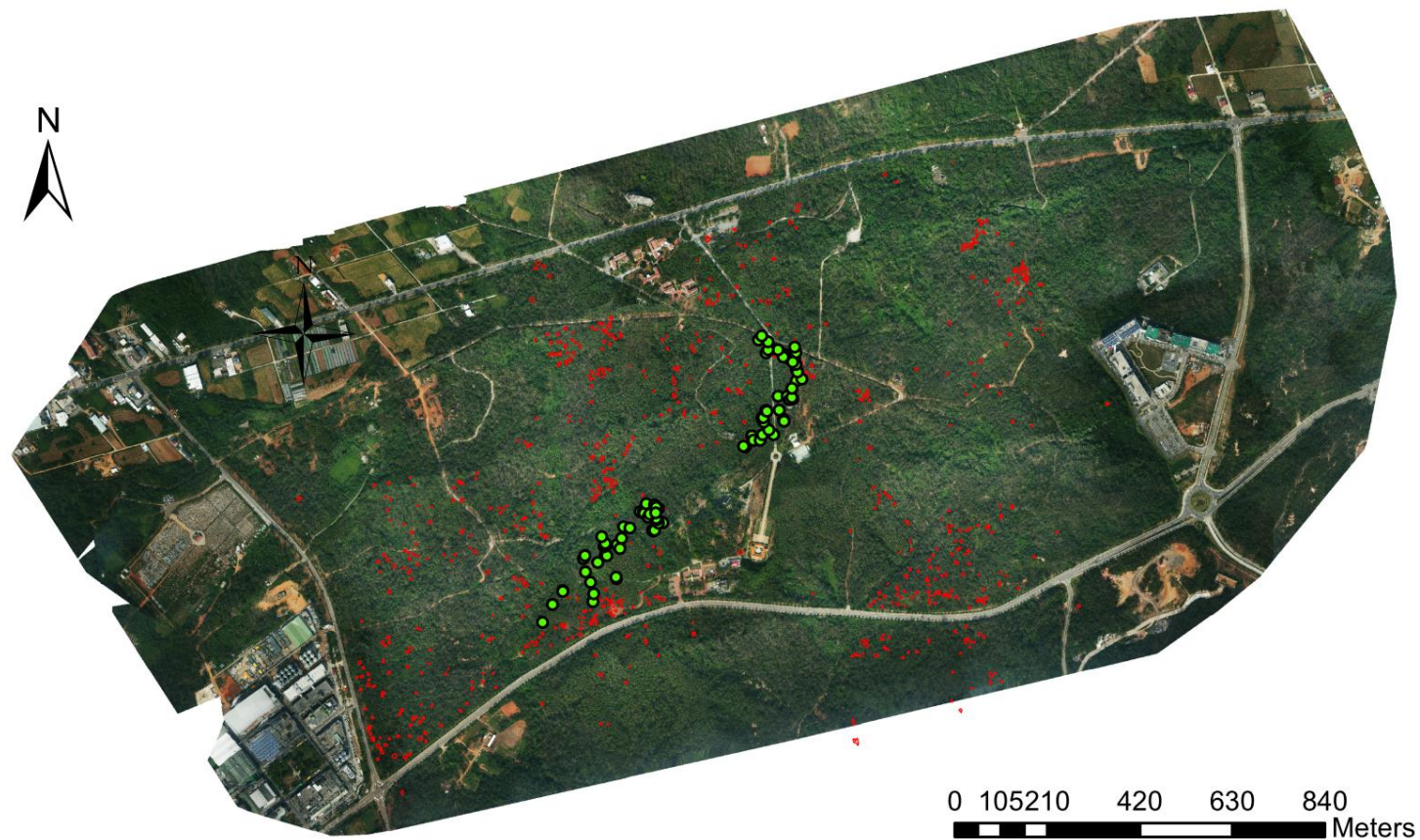
本試驗於今年中秋節颱風過後進行設置，於 10 月 3 日開始設置，第一次高壓灌注於 10 月 7 日完成，第二次灌注於 10 月 14 日完成，第三次灌注於 10 月 28 日完成，灌注同時進行罹病程度觀察記錄及同角度之罹病松樹影像之拍攝。

表十一顯示，於灌注一個月後調查之病害程度，各處理間利用 Dunnett 法進行多重比較分析檢定，結果顯示各處理間無顯

著差異，可能原因為觀察時間過短，可能未來上需要持續進行觀察，預計每月持續進行病程紀錄及影像調查，作為藥效評估之依據。

表十、各罹病松樹樣本 GPS 位置紀錄

樣本序 號	處理代 號	座標 (TWD97)		樣本序 號	處理代 號	座標 (TWD97)		樣本序 號	處理代 號	座標 (TWD97)		樣本序 號	處理代 號	座標 (TWD97)	
		X	Y			X	Y			X	Y			X	Y
1	F	24.43660	118.3499	22	E	24.43790	118.3513	43	G	24.43951	118.3540	64	D	24.44052	118.3551
2	D	24.43659	118.3499	23	D	24.43787	118.3514	44	A	24.43952	118.3540	65	C	24.44086	118.3552
3	G	24.43632	118.3497	24	B	24.43782	118.3519	45	D	24.43973	118.3542	66	B	24.44070	118.3551
4	E	24.43595	118.3494	25	A	24.43770	118.3508	46	F	24.43964	118.3542	67	G	24.44089	118.3553
5	C	24.43683	118.3511	26	C	24.43781	118.3519	47	E	24.43964	118.3542	68	A	24.44108	118.3552
6	B	24.43687	118.3511	27	F	24.43782	118.3520	48	B	24.43964	118.3544	69	F	24.44104	118.3552
7	A	24.43677	118.3505	28	G	24.43797	118.3522	49	G	24.43976	118.3544	70	E	24.44119	118.3552
8	G	24.43637	118.3506	29	B	24.43796	118.3521	50	C	24.43975	118.3547	71	G	24.44131	118.3551
9	C	24.43652	118.3506	30	A	24.43803	118.3520	51	F	24.43985	118.3546	72	C	24.44144	118.3552
10	F	24.43697	118.3504	31	F	24.43805	118.3520	52	D	24.44002	118.3544	73	B	24.44131	118.3550
11	A	24.43725	118.3504	32	G	24.43806	118.3520	53	E	24.44010	118.3544	74	A	24.44124	118.3551
12	B	24.43731	118.3504	33	C	24.43820	118.3517	54	A	24.44010	118.3544	75	E	24.44155	118.3552
13	D	24.43717	118.3507	34	D	24.43820	118.3517	55	B	24.44025	118.3545	76	D	24.44140	118.3549
14	E	24.43733	118.3509	35	E	24.43817	118.3517	56	C	24.44024	118.3545	77	F	24.44135	118.3549
15	F	24.43731	118.3509	36	G	24.43809	118.3518	57	F	24.44007	118.3549	78	C	24.44151	118.3547
16	D	24.43749	118.3508	37	D	24.43815	118.3519	58	G	24.44003	118.3549	79	B	24.44150	118.3548
17	G	24.43752	118.3509	38	E	24.43836	118.3518	59	D	24.44026	118.3548	80	A	24.44143	118.3545
18	C	24.43756	118.3509	39	C	24.43834	118.3520	60	E	24.44055	118.3548	81	G	24.44149	118.3546
19	B	24.43753	118.3511	40	B	24.43826	118.3521	61	C	24.44054	118.3550	82	D	24.44170	118.3543
20	E	24.43745	118.3512	41	A	24.43829	118.3520	62	B	24.44047	118.3550	83	F	24.44166	118.3546
21	A	24.43766	118.3512	42	F	24.43818	118.3520	63	A	24.44048	118.3551	84	E	24.44178	118.3544



圖十五、高壓灌注桶之各罹病松樹樣本 GPS 位置紀錄

綠色標記為高壓灌注試驗松樹位置，紅色標記為空照調查罹病松樹之位置。

表十一、各藥劑處理防治之效果 (防治後一個月調查結果)

處理代號	藥劑處理	罹病度		
		I	II	mean
A	EV	29.17%	45.83%	37.50% a ¹
B	BB	37.50%	41.67%	39.58% a
C	EV+BB	29.17%	29.17%	29.17% a
D	S/C	33.33%	29.17%	31.25% a
E	BrCo	41.67%	33.33%	37.50% a
F	Carbosulfan	37.50%	45.83%	41.67% a
G	CK	45.83%	33.33%	39.58% a

¹同一欄的數值中，標註相同英文字母者，表示經 Dunnett 多重比較分析檢定在 5% 水準下差異不顯著。

五、 結論

罹病樹木利用空拍影像進行標定，初步顯示松材線蟲萎凋病仍舊持續擴散中，且具有顯著聚集點 (hotspot)，但其擴散模式分析受颱風影響，預計明年度將進行進一步空拍再加以分析探討。罹病程度之分級主要為五級，圖鑑之樹木範本皆為不同株之松樹，未來將持續加入同一株松樹之不同病程進展，以利地面人員做為參考。

目前應用於松材線蟲萎凋病防治之文獻，在防治策略上，國際上主要分為針對媒介昆蟲、松材線蟲、松樹本身三個方向，除針對松樹本身進行防治策略外，本計畫之方法皆針對媒介昆蟲或松材線蟲進行試驗，與國際上防治策略方向一致。

媒介昆蟲之調查上，目前本研究試驗上及其他國外文獻尚未發現除松斑天牛以外之其他媒介昆蟲會直接造成松樹松材線蟲萎凋病，但根據 105 年金門國家公園中山林松材線蟲防治夜間捕捉松斑天牛報告中之結果，及表三整理之天牛取食植物及分布範圍，對於奧氏凹胸天牛是否可能為松材線蟲之媒介昆蟲，仍待進一步研究，未來本研究試驗上，將持續與天敵調查中之段木一同調查，檢視金門枯死之松樹上是否有奧氏凹胸天牛之幼蟲存在，並且利用夜間點燈捕捉奧氏凹胸天牛，帶回實驗室進行檢驗是否帶有松材線蟲加以確認。媒介昆蟲動物天敵調查上，松斑天牛幼蟲之生存主要受松鼠影響，

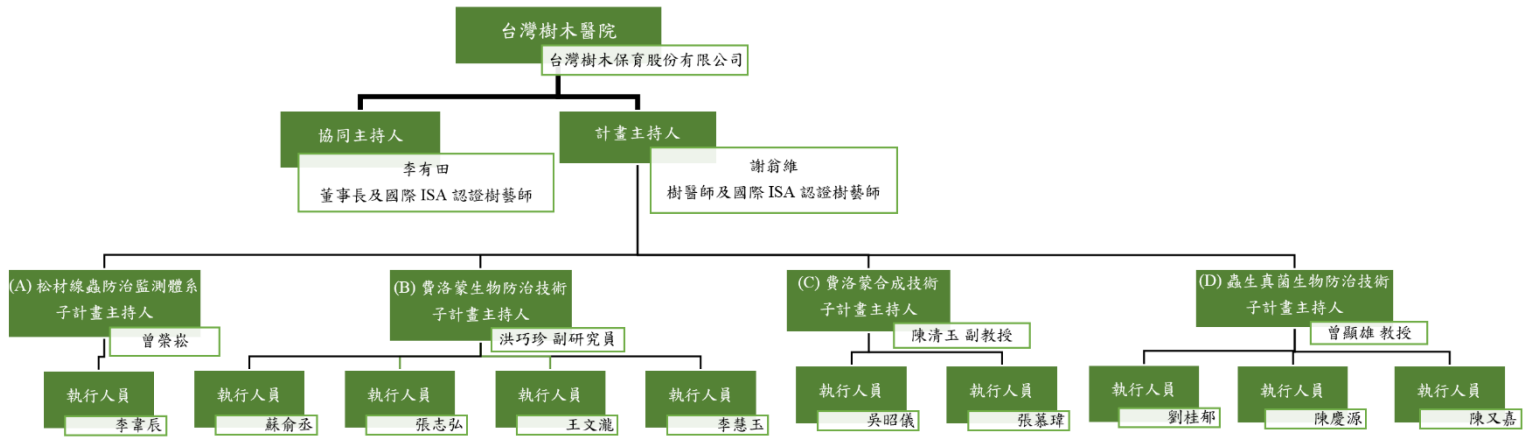
其他可能天敵種類仍待進一步調查。

聚集費洛蒙合成技術上，目標產物 2-(undecyloxy)ethan -1-ol 之產率約為 72%，進行誘引性試驗顯示對松斑天牛具誘蟲活性。食物誘引劑 A 配方對松斑天牛誘引效果佳，並應用在複合式誘引劑之試驗上，顯示配合混合沙拉油或無水酒精，對松斑天牛也有較佳之誘引能力，未來可配合一層式漏斗型誘蟲器進行試驗，以期達到預期之防治效果。蟲生真菌生物防治上，利用間隔一個月之結果尚未呈現顯著之防治成效，未來將持續觀察並進行影像紀錄，若效果顯著，則可配合費洛蒙誘引技術進行明年度之試驗。

莫蘭蒂颱風造成金門縣嚴重之災情，在中山林內影響亦甚鉅，對於松材線蟲萎凋病之傳播擴散影響是否為加速或展緩擴散，則需藉由明年進行空拍調查及地面人員之定期觀察了解擴散情形。目前於防治策略上，建議進行監測為主，如遇感染松材線蟲萎凋病三至四級之松樹建議進行伐除；在長程規劃上，除本計畫預計整合監測系統及生物防治法進行病情之控制外，建議補植其他樹種，增加物種豐富度，可減少病蟲害之發生。

六、計畫人員姓名、現職、學經歷與分工配置

➤ 工作團隊之架構與分工



○ 計畫主持人：謝翁維 樹醫師

現職：台灣樹木醫院，樹醫師 (2015~迄今)

專長：樹木病蟲害診斷

學歷：國立臺灣大學植物病理與微生物學研究所，博士候選人

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所 (植物病理組)，碩士

國立臺灣大學植物病蟲害學系 (植物病理組)，學士

證照：國際樹藝學會 ISA 國際認證樹藝師.....(2013)

農藥代噴證照.....(2015)

經歷：

(1) 財團法人食品工業發展研究所生物資源保存及研究中心.....

.....副研究員 (2002~2006 年)

(2) 行政院農業委員會林業試驗所林木疫情鑑定與資訊中心.....

.....約用助理 (2000~2002, 2010~2015 年)

在本計畫工作執行內容：統籌、整合計畫相關資源。

(A) 松材線蟲防治監測體系子計畫

1. 子計畫主持人：曾榮崧

現職：榮盛生態科技有限公司，負責人 (2013~迄今)

專長：森林資源調查、航測調查、無人飛行載具拍攝與製圖

學歷：國立臺灣大學森林學研究所 (資源管理組)，碩士 (2004)

國立臺灣大學森林學系，學士 (2002)

在本計畫工作執行內容：指導、統籌子計畫之執行及相關資源。

2. 執行人員：李韋辰 台灣樹木醫院 樹醫師

現職：台灣樹木醫院，樹醫師 (2016~迄今)

專長：樹木病蟲害診斷

學歷：國立臺灣大學植物病理與微生物學研究所，碩士 (2016)

國立臺灣大學植物病理與微生物學系，學士 (2013)

國立臺灣大學森林環境暨微生物學系，學士 (2013)

經歷：

- (1) 台灣大學校園褐根病防治計畫.....研究助理 (2014-2016)
- (2) 台北市鄰里公園樹木健檢計畫.....研究助理 (2014-2015)
- (3) 台中老樹保護計畫.....研究助理(2014-2015)
- (4) 建國假日花市植物診所諮詢.....駐診人員(2014-2015)

在本計畫工作執行內容：執行子計畫項目及內容。

(B) 費洛蒙生物防治技術子計畫

1. 子計畫主持人：洪巧珍 博士

現職：農業藥物毒物試驗所，副研究員 (1999~迄今)

專長：昆蟲性費洛蒙、植物保護、昆蟲學

學歷：國立中興大學昆蟲學系，博士 (1999)

國立臺灣大學植物病蟲害學系 (昆蟲組)，碩士 (1982)

國立中興大學昆蟲學系，學士 (1980)

經歷：

(1) 臺灣省農業藥物毒物試驗所生物藥劑系.....助理研究員 (1985-1999)

(2) 臺灣植物保護中心昆蟲組.....計畫助理 (1982-1984)

在本計畫工作執行內容：指導、統籌子計畫之執行及相關資源。

2. 執行人員：蘇俞丞 博士

現職：農業藥物毒物試驗所農藥化學組，助理研究員 (2011~迄今)

專長：蟲害防治、昆蟲毒理、農藥法規

學歷：國立臺灣大學昆蟲學研究所，博士 (2005)

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所 (昆蟲組)，碩士 (1997)

東海大學生物學系，學士 (1995)

經歷：

(1) 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局植物防疫組.....

.....國防訓儲人員(2006-2010)

(2) 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局高雄分局機場檢疫站.....

.....技佐 (2010-2011)

在本計畫工作執行內容：執行子計畫項目及內容。

3. 執行人員：張志弘

現職：農業藥物毒物試驗所，約用助理 (2011~迄今)

學歷：逢甲大學化學工程學系研究所，碩士

在本計畫工作執行內容：執行子計畫項目及內容。

4. 執行人員：王文瀾

現職：農業藥物毒物試驗所，專業助理 (2000~迄今)

學歷：國立嘉義大學植物保護學系，學士

朝陽科技大學環境工程與管理學系研究所，碩士

在本計畫工作執行內容：執行子計畫項目及內容。

(C) 費洛蒙合成技術子計畫

1. 子計畫主持人：陳清玉 博士

現職：(1) 國立嘉義大學應用化學系暨研究所，副教授 (2003~迄今)

專長：有機化學、自由基化學、天然藥物化學、有機化合物純化與鑑定

學歷：美國德克薩斯州農工大學，博士

經歷：

(1) 朝陽科技大學應用化學系暨研究所.....副教授 (1996-2003)

(2) 國立成功大學化學系.....博士後研究員 (1995-1996)

(3) 國立臺灣大學藥學系.....博士後研究員 (1993-1994)

(4) 美國德克薩斯州農工大學.....博士後研究員 (1993)

在本計畫工作執行內容：指導、統籌子計畫之執行及相關資源。

2. 執行人員：吳昭儀

現職：農業藥物毒物試驗所，專業助理 (2009~迄今)

學歷：國立屏東大學植物保護學系，學士

在本計畫工作執行內容：執行子計畫項目及內容。

3. 執行人員：張慕瑋

現職：農業藥物毒物試驗所，技術工 (2011~迄今)

學歷：長榮大學企管學系，學士

在本計畫工作執行內容：執行子計畫項目及內容。

(D) 蟲生真菌生物防治技術子計畫

1. 子計畫主持人：曾顯雄 教授

現職：國立台灣大學植物病理與微生物學系，名譽教授暨兼任教授

專長：植物病理學、真菌學、線蟲學、微生物學

學歷：加拿大麥基爾大學植物科學研究所，博士 (1976)

國立臺灣大學植物病蟲害學研究所 (植物病理組)，碩士 (1971)

國立臺灣大學植物病蟲害學系 (植物病理組)，學士 (1968)

經歷：

- (1) 國立台灣大學植物病理與微生物學系.....
..... 終身職特聘教授 (2006~2015 年)
- (2) 國立台灣大學植物病理與微生物學系..... 教授 (1983~2006 年)
- (3) 中研院植物研究所..... 研究員、副研究員 (1977~1983 年)
- (4) 加拿大高富大學環境生物學系..... 研究員 (1980~1981 年)
- (5) 台灣糖業研究所助植物病理..... 技師 (1971~1973 年)

在本計畫工作執行內容：指導、統籌子計畫之執行及相關資源。

2. 執行人員：劉桂郁 博士

現職：財團法人食品工業發展研究所 生物資源保存及研究中心.....

.....研究員 (1996~迄今)

專長：絲狀真菌之長期保存與品質管制、菌種鑑定與分類研究

學歷：國立臺灣大學植物病理研究所，博士 (1996)

經歷：

(1) 財團法人食品工業發展研究所 菌種保存及研究中心...副研究員 (1987~1996)

(2) 臺北市立北安國民中學.....生物科教師 (1983~1985)

在本計畫工作執行內容：生物防治菌種之培養與品質管制。

3. 執行人員：陳慶源 博士候選人

現職：財團法人食品工業發展研究所 生物資源保存及研究中心.....

.....研究員兼單元主持人 (2002~迄今)

專長：應用微生物及產品化，包括菌種篩選及改良、功能評估、生產製程及產品化

學歷：國立臺灣大學農業化學所，碩士 (1987)

經歷：

(1) 財團法人食品工業發展研究所 生資中心.....副研究員、研究員 (1994~2002)

(2) 汎球藥理研究所 發酵部.....副組長 (1989~1994)

(3) 中央研究院植物所.....研究助理 (1987~1989)

在本計畫工作執行內容：生物防治菌種之大量發酵及回收

4. 執行人員：陳又嘉 樹醫師

現職：台灣樹木醫院，樹醫師 (2015~迄今)

專長：樹木病蟲害診斷

學歷：國立臺灣大學植物醫學碩士學位學程研究所，碩士 (2014)

國立臺灣大學昆蟲學系 (蟲害管理組)，學士 (2012)

國立臺灣大學植物病理與微生物學系，學士 (2012)

證照：國際樹藝學會 ISA 國際認證樹藝師.....(2016)

農藥管理人員證照.....(2016)

經歷：

(1) 國家合作發展基金會蔬果及雜糧作物品質與產品安全改進計畫.....計畫助理 (2014~2015)

(2) 行政院農委會臺灣水稻徒長病菌族群調查研究.....研究助理 (2012~2014)

在本計畫工作執行內容：執行子計畫項目及內容。

◎ 協同主持人：李有田 董事長

現職：台灣樹木醫院 負責人

社團法人台灣都市林健康美化協會，理事長

兼任：樹花園股份有限公司，董事長

台灣綠屋頂暨立體綠化協會，理事長

學歷：美國華頓商學院 MBA，碩士

美國賓州大學，碩士

證照：國際樹藝學會 ISA 國際認證樹藝師.....(2013)

國際樹藝學會 ISA 國際認證都市林資深樹藝師.....(2016)

經歷：

- (1) 從事樹藝產業七年：統籌多項都市綠化工程，諸如樹木保護、修剪、移植、病蟲害防治及生態復育等。
- (2) 自 2009 年以來，與中央、六都樹木管理機關合作，每年統籌多場都市綠化及樹藝相關研討會。
- (3) 2014 年受邀參加 ISA 國際樹藝協會年會(於美國香檳城)、並受新加坡邀請，協同舉辦 2014 GreenUrbanScape Asia (亞洲高樓綠化會議) 並擔任講師；國際綠化技術交流經驗豐富。
- (4) 《樹藝學概論》之發行人，該書為樹藝師指定應考之 ISA 授權中文教科書。

在本計畫工作執行內容：統籌、整合計畫相關資源。

七、 公司簡介

- 公司名稱：台灣樹木保育股份有限公司
- 成立時間：104 年 10 月
- 資本額：三百萬元
- 近三年營業收入及營業淨利皆為正值，目前仍在執行的案件，無延宕履約或其他履約之紀錄：本公司投標前五年所有執行標案無不良事蹟，所有標案依約執行完成。
- 公司介紹：

台灣樹木保育股份有限公司，簡稱台灣樹木醫院，是樹花園公司為推廣樹木醫學技術所轉投資之子公司，於民國 104 年 10 月成立，並進駐行政院農業委員會林業試驗所創新育成中心，技轉林試所開發之樹醫相關技術。同時引進美國樹藝學會 ISA 之樹木診斷、監測、治療制度，建立一支具技術諮詢、實地出診、病蟲害防治及教育訓練之樹醫專業團隊。

八、 計畫進度及預期完成之工作項目

- (一) 契約簽訂後，於 8 月底前檢送工作計畫書審查。
- (二) 於 105 年 11 月 30 日前交付報告書 15 份並出席機關舉行之第一次審查會議。

- (三) 於 105 年 12 月 20 日修正完成交付成果報告書 20 份及相同內容電子檔光碟 2 份 (含 1.成果報告書 word 檔及 pdf 檔 2.第一次、第二次簡報 ppt 檔 3.投稿國家公園學報 word 檔或國家公園管理處電子報稿件 word 檔)。
- (四) 於 106 年 6 月 30 日前交付報告書 15 份並出席機關舉行之第二次審查會議。
- (五) 於 106 年 11 月 30 日前交付報告書 15 份並出席機關舉行之第三次審查會議。
- (六) 於 106 年 12 月 20 日修正完成交付成果報告書 20 份及相同內容電子檔光碟 2 份 (含 1.成果報告書 word 檔及 pdf 檔 2.第一次、第二次簡報 ppt 檔 3.投稿國家公園學報 word 檔或國家公園管理處電子報稿件 word 檔)。

九、 參考資料

1. Pajares, J. A., F. Ibeas, J. J. Diez, D. Gallego 2004, Attractive responses by *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae) to host and bark beetle semio-chemicals. J. Appl. Entomol. 128: 633-638.
2. Pajares, J. A., G. Alvarez, F. Ibeas, D. Gallego, D. R. Hall, and D. I. Farman 2010. Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis*. J. Chem. Ecol. 36:570-583.
3. Miller, D. R., C. Asaro. 2005, Ipsenol and Ipsdienol attract *Monochamus titillator* (Coleoptera: Cerambycidae) and associated large pine woodborers in Southeastern United States. J. Econ. Entomol. 98(6): 1033-2040.
4. Teale, S. A., J. D. Wickham, F. Zhang, J. Su, Y. Chen, W. Xiao, L. M. Hanks, J. Millar 2011, A male-produced aggregation pheromone of *Monochamus alternates* (Coleoptera: Cerambycidae), a major vector of pine wood nematode. J. Econ. Entomol. 104(5): 1592-1598.
5. US patent, WO2010105910A1, 2010.
A. V. Kharlamov, O. I. Artyushin, N. A. Bondarenko, 2014, Synthesis of some acyclic quaternary ammonium compounds. Alkylation of secondary and tertiary amines in a two-phase system. Russian Chem. Bull. 63(11): 2445-2454.
B. Loffredo, P. A. R. Pires, M. Imran, O. A. Seoud 2013, b-Carotene: A green, inexpensive, and convenient

- solvatochromic probe for the determination of solvent polarizability. *Dyes and Pigments* 96:16-24.
6. A. V. Kharlamov, O. I. Artyushin, N. A. Bondarenko, 2014, Synthesis of some acyclic quaternary ammonium compounds. Alkylation of secondary and tertiary amines in a two-phase system. *Russian Chem. Bull.* 63(11): 2445-2454.
 7. C. Loffredo, P. A. R. Pires, M. Imran, O. A. Seoud 2013, *b*-Carotene: A green, inexpensive, and convenient solvatochromic probe for the determination of solvent polarizability. *Dyes and Pigments* 96:16-24.
 8. Liou, J. Y., J. Y. Shih and S. S. Tzean. 1999. *Esteya*, a new genus of nematophagous fungus from Taiwan, attacking pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus*. *Mycological Research*: 103: 242-248.
 9. Tzean, S. S., and J. Y. Liou. 1993. Nematophagous resupinate basidiomycetous fungi. *Phytopathology* 83:1015-1020.
 10. Tzean, S. S., L. S. Hsieh and W. J. Wu. 1997. Atlas of Entomopathogenic Fungi from Taiwan. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan, R. O. C. 214 pp.
 11. Tzean, S. S., J. Y. Liou, and J. Y. Shih, 2001-2005. Patents: Nematophagous fungi. USA US 6,168,947 B (2001/1/2), EU EP 1027828 B (2002/5/3), Japan 3737303 (2005/11/04), Korea 0464059 (2005/2/23), P.R.O.C 2L.99100699.2 (2005/4/12).
 12. Yen, J. H., and S. S. Tzean. 1996. Efficacy of pesticides against pine wilt caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. *Plant Prot. Bull.*

38:225-234. (in Chinese)

13. 張瑞璋、曾顯雄、顏志恆。1997。松材線蟲防治手冊。台灣省林業試驗所。42 頁。
14. 曾顯雄、朱耀沂。1986。松材線蟲病及防治對策。臺灣省政府林務局。28 頁。
15. 楊平世。2009。台灣生物防治的發展。科學發展 444：14-21。
16. 曾顯雄。2011。松材線蟲。2010 年樹木病蟲害研討會論文集。國立屏東科技大學編印。屏東。pp. 63-90。
17. 曾顯雄。2015。台灣、金門松材線蟲萎凋病之發生、診斷及其防治。104 年兩岸閩南生態保育研討會論文集。25 頁。行政院內政部營建署發行、台北。
18. 曾顯雄、劉俊揚、石如茵。2005。線蟲寄生真菌。中華民國專利。第 I 186697 號。