

金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫

金門國家公園管理處（100年度）

# 金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫

金門國家公園管理處

中華民國 106 年 12 月

# 金門國家公園 松材線蟲萎凋病防治計畫

受委託者：台灣樹木保育股份有限公司

金門國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 106 年 12 月

# 目錄

表次	I
圖次	II
摘要	III
第一章、 主題背景及有關研究之檢討	1
第一節、 計畫背景	1
第二節、 現況分析與課題探討	2
第二章、 重要工作項目及實施方法	7
第一節、 建立防治監測體系	7
一. 罹病受害區域基線調查與罹病木標定	7
二. 研析罹病受害區域特性及擴散方向分析	9
第二節、 發展松材線蟲萎凋病生物防治技術	11
一. 聚集費洛蒙誘餌不同劑量配方對松斑天牛誘引性試驗	11
(一). 聚集費洛蒙合成品來源與配製	11
(二). 田間誘蟲試驗	12
(三). 松斑天牛聚集費洛蒙對松斑天牛誘引性試驗	12
(四). 聚集費洛蒙誘餌配製改良對松斑天牛之誘引性影響試驗	14
二. 松斑天牛食物誘引劑誘引效果測試與改良	15
(一). 松斑天牛食物誘引劑的成分與製作	16
(二). 不同來源 $\beta$ - pinene 之不同比例食物誘引劑配方對松斑天牛之誘蟲活性	17
(三). 松斑天牛食物誘引劑劑型改良試驗	17
三. 複合式松斑天牛誘引劑之研發	21
四. 松斑天牛乾式誘蟲器研發	23
五. 利用松斑天牛食物誘引劑及聚集費洛蒙大量誘捕松斑天牛	25
第三節、 應用真菌性天敵防治松材線蟲及松斑天牛	27
第三章、 結果與建議	32
第一節、 建立防治監測體系	32
一. 罹病受害區域基線調查與罹病木標定	32
二. 研析罹病受害區域特性及擴散方向分析	39
第二節、 發展松材線蟲萎凋病生物防治技術	41
一. 聚集費洛蒙誘餌不同劑量配方對松斑天牛誘引性試驗	41
(一). 松斑天牛聚集費洛蒙對松斑天牛誘引性試驗	41
(二). 聚集費洛蒙不同配製方法對松斑天牛之誘引性影響	42
二. 松斑天牛食物誘引劑誘引效果測試與改良	45

(一).	不同來源 $\beta$ -pinene 之不同比例食物誘引劑配方對松斑天牛之誘蟲活性-----	45
(二).	松斑天牛食物誘引劑劑型改良試驗-----	45
三.	複合式松斑天牛誘引劑之研發-----	54
四.	松斑天牛乾式誘蟲器研發-----	55
五.	利用松斑天牛食物誘引劑及聚集費洛蒙大量誘捕松斑天牛-----	56
第三節、	應用真菌性天敵防治松材線蟲及松斑天牛-----	61
一.	106 年度灌注試驗-----	61
二.	105 年度灌注試驗後續觀察結果-----	62
三.	106 年度灌注試驗後續觀察結果-----	62
第四節、	主要建議事項-----	69
一.	立即可行之建議-----	69
二.	長期性建議-----	69
第四章、	結論-----	70
附錄一、	期中審查意見回覆表-----	74
附錄二、	106 年「金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫」工作會議紀錄-----	76
附錄三、	期末審查意見回覆表-----	78
參考資料	-----	81

## 表次

表 1、供試化學品之來源及純度 .....	16
表 2、松斑天牛誘引劑固型劑型之不同處理組製劑配方比例 .....	21
表 3、2017 年利用複合式誘引劑於金門大量誘殺松斑天牛之實施面積。 .....	27
表 4、罹病程度紀錄表 .....	31
表 5、各群聚點隨時間之演變情形 .....	41
表 6、聚集費洛蒙誘餌配製改良對松斑天牛之誘引力持效性 .....	45
表 7、松斑天牛食物誘引劑不同固型劑型對松斑天牛之誘引效果 .....	51
表 8、2017 年利用複合式誘引劑於金門大量誘殺松斑天牛數量之估算 <sup>1</sup> .....	59
表 9、松斑天牛誘引劑配方 .....	60
表 10、106 年高壓灌注松樹樣本 GPS 位置紀錄 .....	64
表 11、105 年各藥劑處理防治之效果 (106/8/31 調查結果) .....	67
表 12、105 年各藥劑處理防治之效果 (106/9/31 調查結果) .....	67
表 13、105 年各藥劑處理防治之效果 (106/10/31 調查結果) .....	67
表 14、106 年各藥劑處理防治之效果 (106/8/31 調查結果) .....	68
表 15、106 年各藥劑處理防治之效果 (106/9/31 調查結果) .....	68
表 16、106 年各藥劑處理防治之效果 (106/10/31 調查結果) .....	68

## 圖次

圖 1、不同型式誘蟲器。 .....	25
圖 2、2017 年利用複合式誘引劑於金門國家公園中山紀念林大量誘捕松斑天牛之四個試驗區。 .....	26
圖 3、中山林空照圖 .....	33
圖 4、第五次中山林空照圖 (106 年 11 月 02 日)。	34
圖 5、2016-2017 年中山林罹病樹木單位網格分析圖 .....	35
圖 6、2016-2017 年中山林罹病樹木核密度分布圖。	36
圖 7、2016 年 2 月中山林罹病樹木核密度分佈圖 .....	37
圖 8、2016 年 7 月中山林罹病樹木核密度分佈圖 .....	37
圖 9、2016 年 11 月中山林罹病樹木核密度分佈圖 .....	38
圖 10、2017 年 4 月中山林罹病樹木核密度分佈圖 .....	38
圖 11、2017 年 11 月中山林罹病樹木核密度分佈圖 .....	39
圖 12、聚集費洛蒙誘餌配製改良對松斑天牛之誘引性影響 .....	43
圖 13、松斑天牛食物誘引劑配方與酒精配方罐不同開口數目之揮發情形。	47
圖 14、四種誘引劑配方製劑重量變化測試 .....	50
圖 15、製劑 E 及 M 誘引劑揮發重量變化測試。	53
圖 16、不同誘蟲器型式對松斑天牛之誘捕效果。	58
圖 17、松斑天牛及分離出之四齡松材線蟲 .....	60
圖 18、高壓灌注試驗樣本松樹 GPS 位置 .....	66

## 摘要

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。本計畫以空照圖分析罹病擴散模式，並利用合成之松斑天牛聚集費洛蒙及食物誘引器誘殺松斑天牛，以應用真菌性天敵搭配樹木灌注器之方式防治松材線蟲及松斑天牛。經由五次之空拍資料，以核密度估計法進行分析後，可得到中山林內之松材線蟲萎凋病擴散模式，並確立出今年之優先防治區域。在誘捕松斑天牛成效上，利用本誘蟲器從 2017 年 3 月至 9 月共可捕抓 249 隻松斑天牛。若全面設置估計全中山林面積約 210 公頃共可捕抓約達 85202 隻，主要誘捕期間為 3-7 月為主。於誘蟲器中所捕獲之松斑天牛，經分離鑑定之後確認帶有無口針型態的傳播型四齡幼蟲，可確定松斑天牛為金門中山林地區之松材線蟲傳播媒介昆蟲。在真菌性天敵之生物防治上，於 105 年施打至 106 年初觀測時有達到顯著差異，但差異性隨時間降低，而 106 年度施打之觀測結果至 106 年 11 月止，各處理間尚無顯著差異。可能為 105 年颱風過後造成之大量風倒木使天牛族群大發生，導致後續病害加劇所致。



# 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」

### 第一章、主題背景及有關研究之檢討

#### 第一節、計畫背景

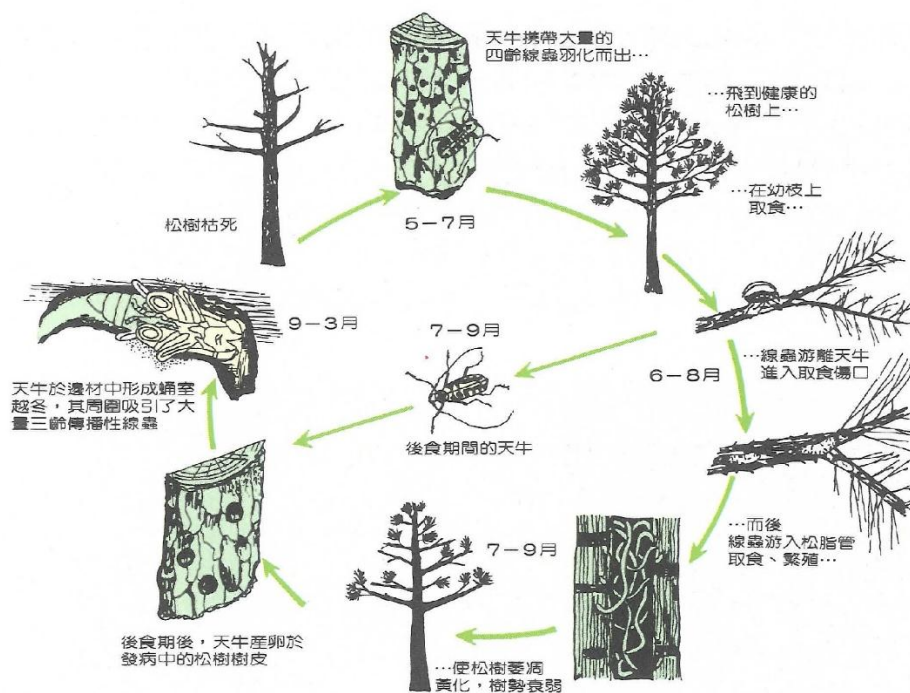
松樹在台灣北部，於 1980 年代初期有零星萎凋發生之報導，以往一向認為此類之萎凋係由於葉震病或天牛取食為害所致。但於 1983-1985 年間，松樹萎凋病於台灣北部新北市金山、石門，以及桃園市之虎頭山、忠烈祠、慈湖一帶被發現，其後經兩年之調查發現北部十九處皆有發生，歷經十二年傳播蔓延，甚至金門、馬祖亦難以倖免。各處之黑松、琉球松林被害高達 50-60 % 以上，為害相當嚴重(曾顯雄。2015)。

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)。

## 第二節、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。松材線蟲能在自然界迅速傳播、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樹梢枝條上取食，此時松材線蟲自天牛之氣管、氣室、氣孔中游出，移至腹部體節末端處脫離昆蟲體表，再由天牛取食後，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，兩天後脫皮蛻變為成蟲，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 天壽命期中約可產 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，其後松脂停止分泌。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)。



(曾顯雄、顏志恆。1989)

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施用農藥防治方式，乃委請國立台灣大學植物病理與微生物學系曾顯雄教授，嘗試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 *Esteya vermicola*，*Hyphoderma mutatum*；或可寄生於松斑天牛 (*Monochamus alternatus*) 之真菌性天敵：白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 的生物防治製劑，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或枯萎，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，以免病樹成為感染源感染其他健康松樹。

目前松材線蟲萎凋病防治方法可依據防治策略略加區分 (張瑞璋等，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。

## 第二章、重要工作項目及實施方法

第二年後半年工作項目：依據工作內容，區分為二類：

第一類：建立防治監測體系

第二類：發展松材線蟲萎凋病生物防治技術

此二類下共包含三個子計畫→

(I) 松材線蟲防治監測體系子計畫

(II) 費洛蒙生物防治技術子計畫

(III) 蟲生真菌生物防治技術子計畫

### 第一節、建立防治監測體系

#### (I) 松材線蟲防治監測體系子計畫

##### 一. 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。

本計畫於本年度預計進行空拍兩次，並參考台灣大學森林系提供之 105 年 2 月中山林影像調查資料，做為參考，目前利用共計五次之空中影像進行罹病木之調查與標定。空拍時間如下：

I. 105-1：105 年 2 月 23 日(資料取自台灣大學森林系空拍資料)

II. 本計畫第一年(105 年)：

105-2：105 年 7 月 30 日

105-3：105 年 11 月 14 日

III. 本計畫第二年(106 年)：

106-1：106 年 4 月 18 日

106-2：106 年 11 月 02 日

參考 105 年 2 月之影像資料 (105 年 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、三個半月、五個月及六個半月之第二次、第三次、第四次及第五次之空照圖，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。

## 二. 研析罹病受害區域特性及擴散方向分析

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方向分析，評估罹病受害病勢進展及不同防治效果，可做為日後防治成效評估依據。

罹病木群聚則是以核密度估計法（kernel density estimation）進行分析。此法是在機率論中用來估計未知的密度函數，屬於非參數檢驗方法之一，由 Rosenblatt (1955)和 Emanuel Parzen(1962)提出，又名 Parzen 窗（Parzen window）。主要是借助一個移動的單位網格對點或線格局的密度進行估算。運算是以樣本點為圓心，靠搜索半徑產生圓，圓心處的網格單元密度值最高，離開圓心越遠則密度越低，逐步遞減，到邊界處密度值為零。核密度估計在估計邊界區域的時候會出現邊界效應。通過對核密度估計變異係數的加權處理，可

以建立不同的風險價值的預測模型。一些比較常用的核函數是：

□ 均勻核函數： $k(x) = \frac{1}{2}, -1 \leq x \leq 1$

加入帶寬  $h$  後： $kh(x) = \frac{1}{2h}, -h \leq x \leq h$

□ 三角核函數： $k(x) = 1 - |x|, -1 \leq x \leq 1$

加入帶寬  $h$  後： $kh(x) = \frac{h-|x|}{h^2}, -h \leq x \leq h$

□ 伽馬核函數： $k_{xi}(x) = \frac{[x^{\alpha-1} \exp\{-\frac{x\alpha}{xi}\}]}{[(\frac{xi}{\alpha})^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)]}$

在 ArcGIS 平台下的核密度運算中,首先人為或自動定義一個搜索半徑  $h$ ，以滑動的圓統計圓內要素的數量,然後人為確定結果輸出的網格大小；隨後通過核函數計算圓內每個要素對各個網格的密度貢獻值，那麼每個網格的密度值即各個要素對該網格貢獻值的累加；最後輸出每個網格單元的密度值。

利用 ArcMap 軟體，將中山林之空照圖套上 10 公尺乘 10 公尺之網格，比較每一次空照圖中每一網格裡所標出的罹病木之數目增長情形，利用均勻核函數進行分析，即可繪製出罹病木之核密度分布圖。

## 第二節、發展松材線蟲萎凋病生物防治技術

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。

### (II) 費洛蒙生物防治技術子計畫

#### 一. 聚集費洛蒙誘餌不同劑量配方對松斑天牛誘引性試驗

##### (一). 聚集費洛蒙合成品來源與配製

供試聚集費洛蒙合成品：自 SIGMA-Aldrich 購得，其名稱及純度如下：Ethylene glycol monododecyl ether (純度  $\geq 99.0\%$ ) 及國立嘉義大學陳清玉博士合成的；純度均大於 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聚氯乙烯(PVC)塑膠微管(約 6 或 20 公分)或橡皮帽(固達 6 號和 24 號)，配製成聚集費洛蒙誘餌。其聚集費洛蒙誘餌置於鋁箔袋中密封，再貯存於-19℃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。

## (二). 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國家公園中山紀念林林區，2017 年於金門國家公園中山紀念林林區進行誘蟲試驗。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。

## (三). 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日在台北市石壇山松樹林，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 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 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 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/tubea-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。

(四). 聚集費洛蒙誘餌配製改良對松斑天牛之誘引性影響試驗

由於經揮發量秤重測量顯示，松斑天牛聚集費洛蒙配製於橡皮帽中，經 1 日後僅剩約 5 - 10%。為改良松斑天牛聚集費洛蒙誘餌，分別進行兩項探討：配製方法與田間持效性。

1. 聚集費洛蒙不同配製方法對松斑天牛之誘引性影響

試驗時，分別以無水酒精(EtOH)、異丙醇(IPA)和大豆沙拉油(oil)混合松斑天牛聚集費洛蒙，再將固定劑量(25 mg)的松斑天牛聚集費洛蒙放置於橡皮帽中，配製成松斑天牛聚集費洛蒙誘餌：A: 25 mg+EtOH/septa、B: 25 mg+IPA/septa、C: 25 mg+EtOH+oil/septa、D: 25 mg+IPA+oil/septa 等四種處理。於 2017 年 3 月 14 日至 2017 年 11 月 7 日在金門國家公園中山紀念林之松樹林，比較松斑天牛聚集費洛蒙不同配製方法對松斑天牛之誘引性。田間設置時，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(A 配方)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。本試驗大量誘殺區每區設置兩組處理，共 8 重複；2017 年 5 月另再設置一組試驗組，4 重覆。本試驗以 25 mg+EtOH/septa 之一層漏斗型寶瓶誘蟲器為對照組，每 8 週調查一次，並更換誘餌及食物誘引劑、檢視各處理誘得的松斑天牛雌、雄數目，分別比較不同改良松斑天牛聚集費洛蒙誘餌對松斑天牛之誘引效果。

## 2. 不同配製方法之聚集費洛蒙之田間持效期探討

為探討不同配製方法之聚集費洛蒙之田間持效期，分別進行三個試驗：第一次試驗於 2017 年 5 月 9 日至 7 月 11 日比較 0(0-M)和 2 個月齡(2-M)、第二次試驗於 2017 年 7 月 1 日至 9 月 7 日比較 0 和 4 個月齡(4-M)、第三次試驗於 2017 年 9 月 7 日至 11 月 7 日比較 0 和 6 個月齡(6-M)對松斑天牛之誘引性。每試驗一組誘餌及食物誘引劑皆不更換，只更換酒精配方罐，本試驗以 0 個月為對照組，每 8 周調查一次，4 重複。

## 二. 松斑天牛食物誘引劑誘引效果測試與改良

(一). 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 1。製作松斑天牛食物誘引劑時，將配製的食物誘引劑以 20 C.C.劑量裝填於於直徑 3 cm 高 5 cm 之黑色膠卷塑膠盒內放置適量脫脂棉花以吸附誘引劑，並蓋上蓋子，再於塑膠盒周邊打 1 個 1 mm 小孔。同樣地，於直徑 3 cm 高 5 cm 之黑色膠卷塑膠盒內放置適量脫脂棉花，再將乙醇 20 C.C. 到入塑膠盒內含脫脂棉花吸附，並蓋上蓋子，再於塑膠盒周邊打 1 個 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 1、供試化學品之來源及純度

Standard compounds	Source (purity, %)
<b>(+)-alpha-Pinene</b>	Sigma-Aldrich Co. LLC. (98 %)
(1S)-(-)- $\beta$ -Pinene	EMD Millipore( $\geq 95.0$ %)
(+)- $\beta$ -Pinene	Sigma-Aldrich Co. LLC. ( $\geq 98.5$ %)
(+)-camphene	Sigma-Aldrich Co. LLC.(80%)
$\beta$ -myrcene	Sigma-Aldrich Co. LLC.
(R)-(+)-Limonene	Sigma-Aldrich Co. LLC. (97%)



(二). 不同來源  $\beta$ - pinene 之不同比例食物誘引劑配方對松斑天牛之誘蟲活性

2016 年 6 月至 7 月，於新北市汐止區松樹林，進行不同來源  $\beta$ - 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： $\alpha$ -pinene、II： $(+)\beta$ -Pinene、III： $(+)\text{-camphene}$ 、IV： $\beta$ -myrcene、V： $\text{limonene}$  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： $(+)\beta$ -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)-(-)-  $\beta$ -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。

(三). 松斑天牛食物誘引劑劑型改良試驗

為改良松斑天牛食物誘引劑罐裝式配方，分別測試配方罐、酒精罐含不同數目孔洞的揮發情形，並依其揮發情形調配 4 種不同固型劑型，於田間進行對松斑天牛之誘引性試驗。

1. 松斑天牛食物誘引劑配方與酒精配方罐不同開口數目之揮發情形

製作松斑天牛食物誘引劑配方罐，分別於瓶身打 1、2、4 個直徑 3 mm 的圓孔，以及酒精罐分別於瓶身打 1、2、4 個直徑 1 mm 的圓孔。再將其分別懸掛於室外飛行轉盤室中，於 2016 年 8 月 30 日起每周秤量一次，經 112 日止。本試驗以不含誘引劑配方溶液罐當對照，5 重複。

2. 松斑天牛食物誘引劑固型劑型之調配與揮發

由先前預試驗 EMD98 揮發重量變化結果顯示，誘引劑配方在揮發量約達 0.07 克/天，具有良好誘引效果，因此初步配方以此揮發速率為目標進行製劑。本試驗以松斑天牛食物誘引劑 EMD98 混合不同比例與不同黏著劑、填充劑作成 13 種松斑天牛食物誘引劑固型劑劑型，如表 2。在常溫環境下分別記錄 A、B、C、D 組與 E、M 組處理配方之重量變化。

3. 松斑天牛食物誘引劑固型劑型對松斑天牛之誘引效果測試

於 2017 年 3 月 14 日至 2017 年 5 月 9 日，在金門國家公園中山紀念林之松樹林，測試 4 種松斑天牛食物誘

引劑固型劑型對松斑天牛之誘引效果。試驗時，每個翼型黏膠式誘蟲器先放入一個聚集費洛蒙橡皮帽誘餌(劑量：25 mg)，再將 16(配方 A)、21(配方 B)、30 %(配方 C)及 21 %食物誘引劑+10 g EtOH(D 配方)等 4 種松斑天牛食物誘引劑固型劑型，分別以 10 g 裝填於茶包袋內，再置於翼型黏膠式誘蟲器中。誘蟲器懸掛於松樹林的樹幹上，高度約為 100 - 150 cm。本試驗 4 重複，以雙罐組合的松斑天牛誘引劑(EMD98)與聚集費洛蒙橡皮帽誘餌為藥劑對照組，及以空白翼型黏膠式誘蟲器為空白對照組。每 8 週調查一次，檢視各處理誘得的松斑天牛雌雄數目。

另於 2017 年 5 月 9 日至 2017 年 11 月 7 日進行三次試驗，依據配方 1 至 4 為基礎，微調配方材料、製程方法或調控揮發速率的方式，作為不同配方製劑，分別記為 A 至 M 處理(如表二)，分別以 A、B、C、D、E、F、G、H、EMD98 及 E、I、J、EMD98 及 K、L、M、EMD98 等不同處理試驗，為有效延長作用時間及調整揮發速率，除原粒狀製劑外，也開發 E、F、M 為膏狀劑型，試驗時，先將聚集費洛蒙誘餌和不同處理食物誘引劑同時懸掛於布丁杯(開二個開口(8 x 4 公分))內並加置酒精

配方罐，再置於一層漏斗型寶瓶誘蟲器上(直徑 20 cm)。  
懸掛於松樹林的樹幹上，高度約為 100 - 150 cm。本試驗 4 重複，以雙罐組合的松斑天牛誘引劑(EMD98)與聚集費洛蒙橡皮帽誘餌為藥劑對照組。每 8 週調查一次，檢視各處理誘得的松斑天牛雌雄數目。

表 2、松斑天牛誘引劑固型劑型之不同處理組製劑配方比例

配方 1(A)	配方 2(B)	配方 3(C)	配方 4(D)
EMD98 30% 黏著劑 A 3% 填充劑 A 23% 填充劑 B 19% 填充劑 C 25%	EMD98 16% 黏著劑 A 4% 填充劑 B 50% 填充劑 C 30%	EMD98 21% 黏著劑 A 4% 填充劑 A 13% 填充劑 B 37% 填充劑 C 25% 黏著劑 B 適量	配方 3+ 黏著劑 A 4% 填充劑 A 5% 填充劑 B 46% 填充劑 C 25% 溶劑 A 20% 黏著劑 B 適量
(E)-膏狀	(F)-膏狀	(G)	(H)
EMD98 27% 溶劑 A 7% 填充劑 A 22% 填充劑 D 44%	EMD98 34% 填充劑 A 22% 填充劑 D 44%	EMD98 33% 黏著劑 A 4% 填充劑 A 11% 填充劑 B 35% 填充劑 C 17% 黏著劑 B 適量	EMD98 20% 黏著劑 A 3% 填充劑 A 4% 填充劑 B 37% 填充劑 C 20% 溶劑 A 16% 黏著劑 B 適量
(I)	(J)	(K)	(L)
配方 1+ 外包裝孔洞-總面積 9.8mm <sup>2</sup> (銀色鋁箔袋+茶包)	配方 1+ 外包裝孔洞-總面積 9.8 mm <sup>2</sup> (銀色鋁箔袋)	配方 1+ 外包裝孔洞-總面積 4.7 mm <sup>2</sup> (銀色鋁箔袋+茶包)	配方 1+ 外包裝孔洞-總面積 4.7 mm <sup>2</sup> (銀色鋁箔袋)
(M)-膏狀			
EMD98 30% 填充劑 A 27% 填充劑 E 28% 填充劑 F 15%			

### 三. 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( $\alpha$ -pinene+ EtOH)、E 配方(EtOH) 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 2017 年 3 月 14 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(EMD98)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。

#### 四. 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 1)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 2017 年 3 月 14 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。



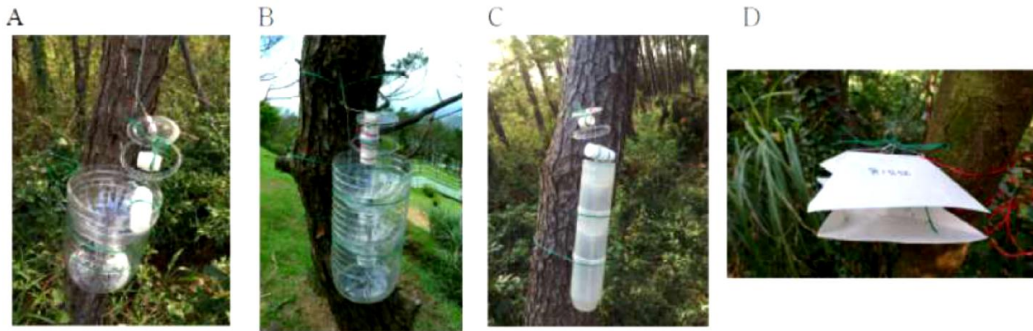


圖 1、不同型式誘蟲器。

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。

## 五. 利用松斑天牛食物誘引劑及聚集費洛蒙大量誘捕松斑天牛

於 2017 年 3 月 14 日至 2017 年 11 月 7 日，在金門國家公園中山紀念林之松樹林，將中山紀念林畫分為 4 區(圖 2 及表 3)，四區面積分別為：52.9 公頃、56.4 公頃、78.5 公頃及 21.7 公頃，每處設置 17 個大型單層漏斗型寶特瓶誘蟲器，進行大量誘捕松斑天牛。其複合式誘引劑含食物誘引劑與聚集費洛蒙，在誘蟲器內的放置方法，為將聚集費洛蒙誘餌(劑量：25 mg)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。於 2017 年 3 月 14 日至 2017 年 5 月 9 日，大量設置 68 個一層漏斗型寶瓶誘蟲器，每 8 週調查一次，更換食物誘引劑及聚集費洛蒙誘餌，並檢視各處理誘得的松斑天牛雌、雄數目。2017 年 5 月 9 日起為探討複合式誘引劑之田間持效性，大量誘殺處理於 5 月 9 日至 11 月 7 日

各區 6 處理。

為探討不同之持效性，分別進行 3 個試驗第一次試驗於 2017 年 5 月 9 日至 7 月 11 日進行 0(0-M)和 2 個月齡(2-M)、第二次試驗於 2017 年 7 月 1 日至 9 月 7 日進行 0 和 2(2-M)、4 個月齡(4-M)、第三次試驗於 2017 年 9 月 7 日至 11 月 7 日 0 和 2(2-M)、6 個月齡(6-M)。每試驗組誘餌及食物誘引劑皆不更換，只更換酒精配方罐，本試驗以 0 個月為對照組，每 8 周調查一次，5-6 重複。

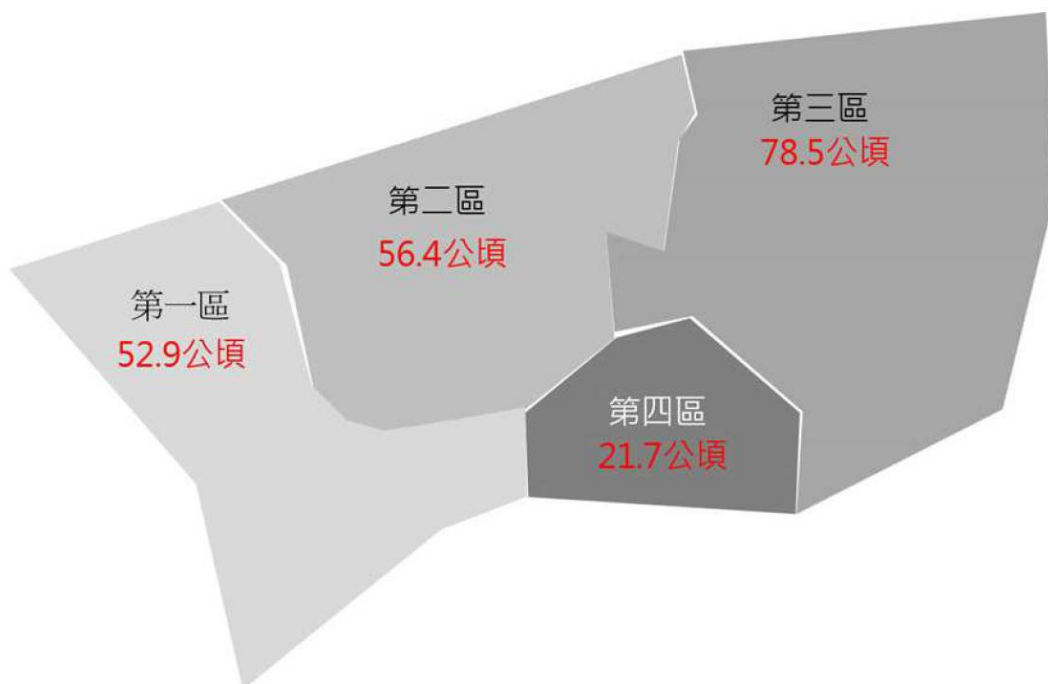


圖 2、2017 年利用複合式誘引劑於金門國家公園中山紀念林大量誘捕松斑天牛之四個試驗區。

表 3、2017 年利用複合式誘引劑於金門大量誘殺松斑天牛之實施面積。

面積(m <sup>2</sup> )	第一區	第二區	第三區	第四區
區域面積	529690	564507	785296	217160
實施面積	1693.92	1806.17	2321.80	543.79

### (III) 蟲生真菌生物防治技術子計畫

#### 第三節、應用真菌性天敵防治松材線蟲及松斑天牛

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* 之真菌性天敵 (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，並在本年度之試驗中多增加一種處理，為乙烯受體抑制劑(1-甲基環丙烯) (1-methylcyclopropene, 1-MCP)，

該化合物能夠與植體中之乙烯受體做結合，減緩植物接受到乙烯後所產生的一連串生理生化反應。以上述處理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)。

### 一. 田間設計

以 105 年拍攝中山林區罹患松材線蟲萎凋病之空照圖資料，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。在 106 年度配合松斑天牛食物誘引劑及聚集費洛蒙誘捕器施放位置，將中山林劃分為四區，並在每一區之中選定熱點，設定為萎凋病防治試驗區塊，每一區塊選取 48 棵松樹，進行八種防治處理，共六重複之試驗，本年度在四區之中共選擇了 192 棵松樹進行防治試驗。防治處理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)、乙烯受體抑制劑(1-甲基環丙烯)以及

只灌注無菌礦泉水之對照組 (CK)。每一區塊，選擇 48 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，每株處理松樹定期拍攝樹冠部照片，並記錄病程進展，以供後續防治成效分析。

利用八種不同處理進行防治松斑天牛或松材線蟲之試驗，八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 (H<sub>2</sub>O)
- H. 乙烯受體抑制劑(1-甲基環丙烯)

## 二. 施藥方法

選取四區發病熱點，分別設置八個不同處理之方法、六重複，每七天灌注一次，連續三次，以測試其效果。

### 三. 調查方法

藥劑灌注完成後，每月進行觀察至少一次 (表 4)，並進行影像攝影及紀錄。依下列公式算出罹病度：

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

### 四. 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 4、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: H<sub>2</sub>O

### 第三章、結果與建議

#### 第一節、建立防治監測體系

##### 一. 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，據以劃分試驗範圍，決定樣區，並將中山林相關資訊匯入圖中，以利後續分析，見下圖 3。進一步標定罹病木分布及罹病受害區域資訊。利用目前共計五次之空中影像進行罹病木之調查與標定，拍照時間如下：

I. 105-1：105 年 2 月 23 日(資料取自台灣大學森林系空拍資料)

II. 本計畫第一年(105 年)：

105-2：105 年 7 月 30 日

105-3：105 年 11 月 14 日

III. 本計畫第二年(106 年)：

106-1：106 年 4 月 18 日

106-2：106 年 11 月 02 日

第五次空照圖 (與前次間隔六個半月) 為 106 年 11 月 02 日，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。標定罹病木分布位置如圖 4。



# 金門國家公園 中山林

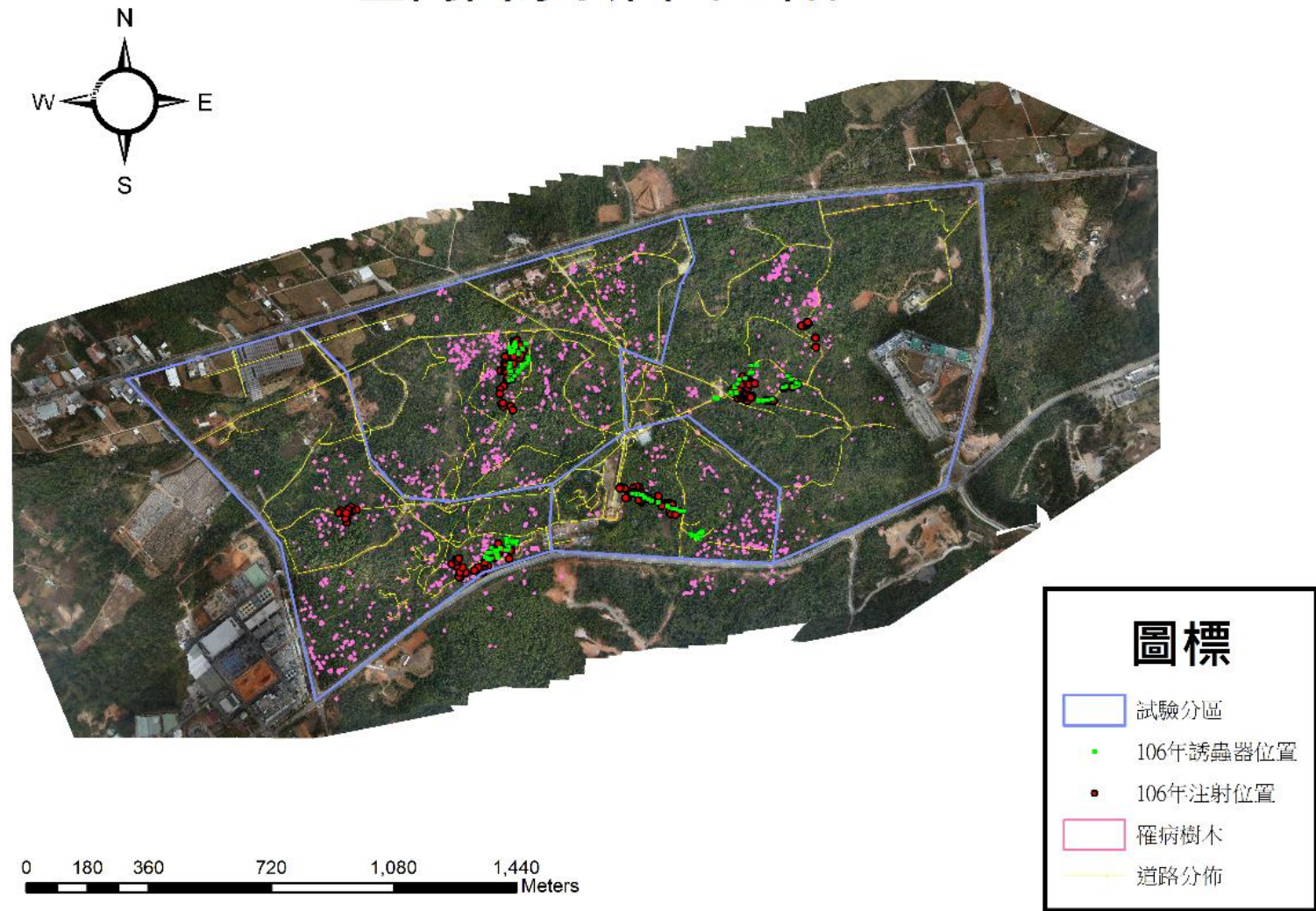


圖 3、中山林空照圖

# 金門國家公園 中山林

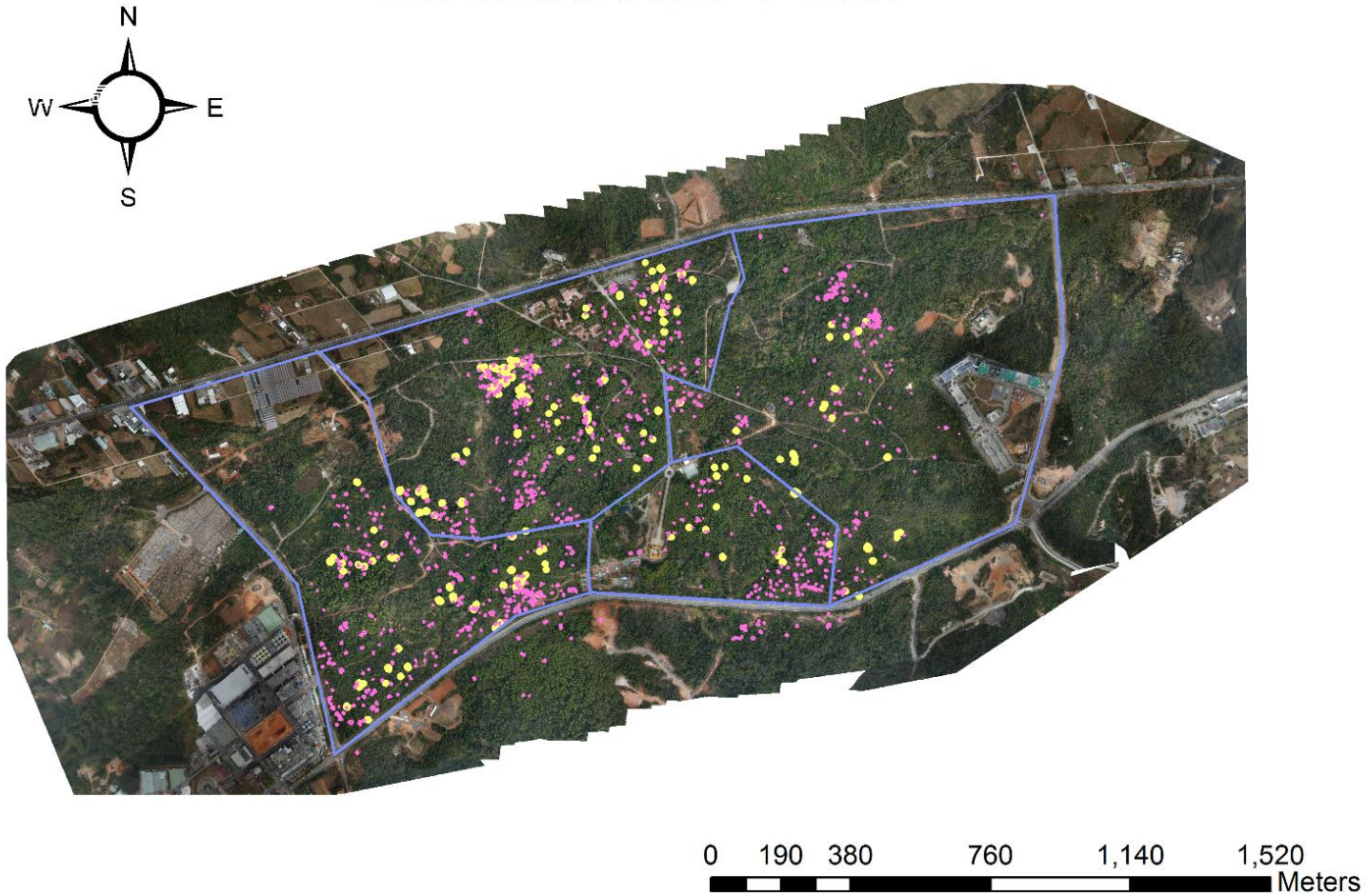


圖 4、第五次中山林空照圖 (106 年 11 月 02 日)。

桃紅色標示為前四次空照圖罹病木位置，黃色標示為第五次空照圖之罹病木位置。



# 金門國家公園 中山林

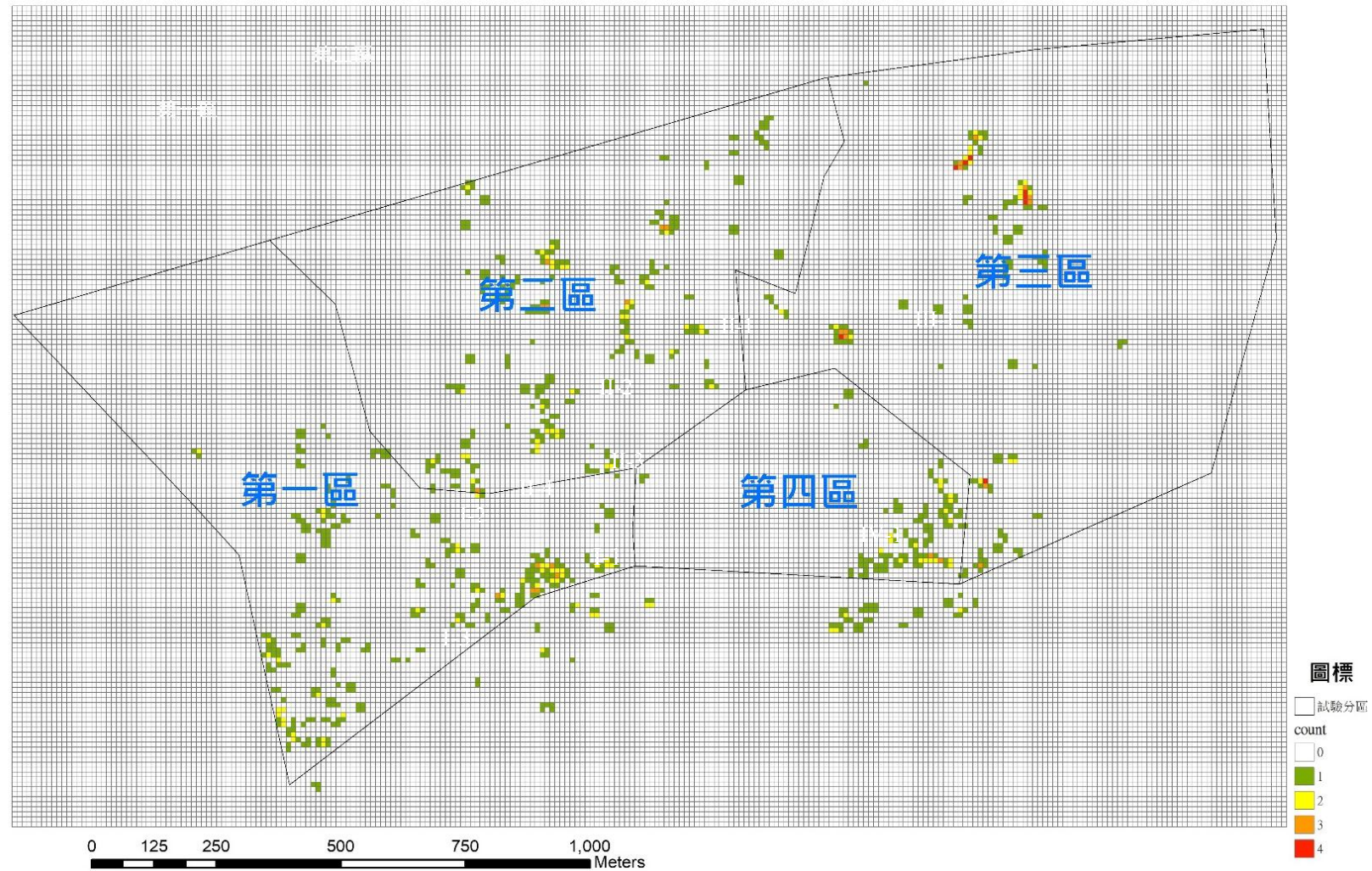


圖 5、2016-2017 年中山林罹病樹木單位網格分析圖

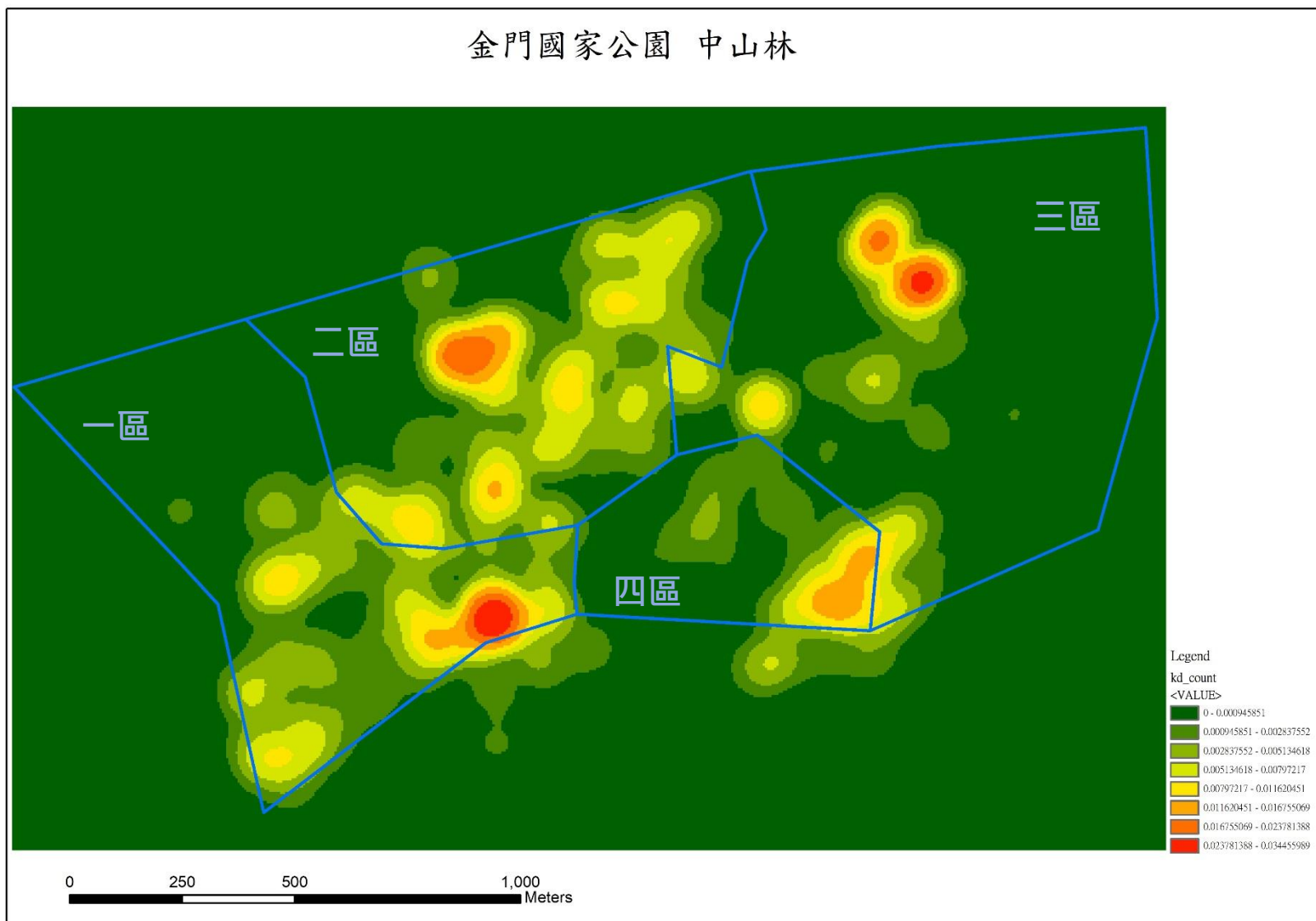


圖 6、2016-2017 年中山林罹病樹木核密度分布圖。

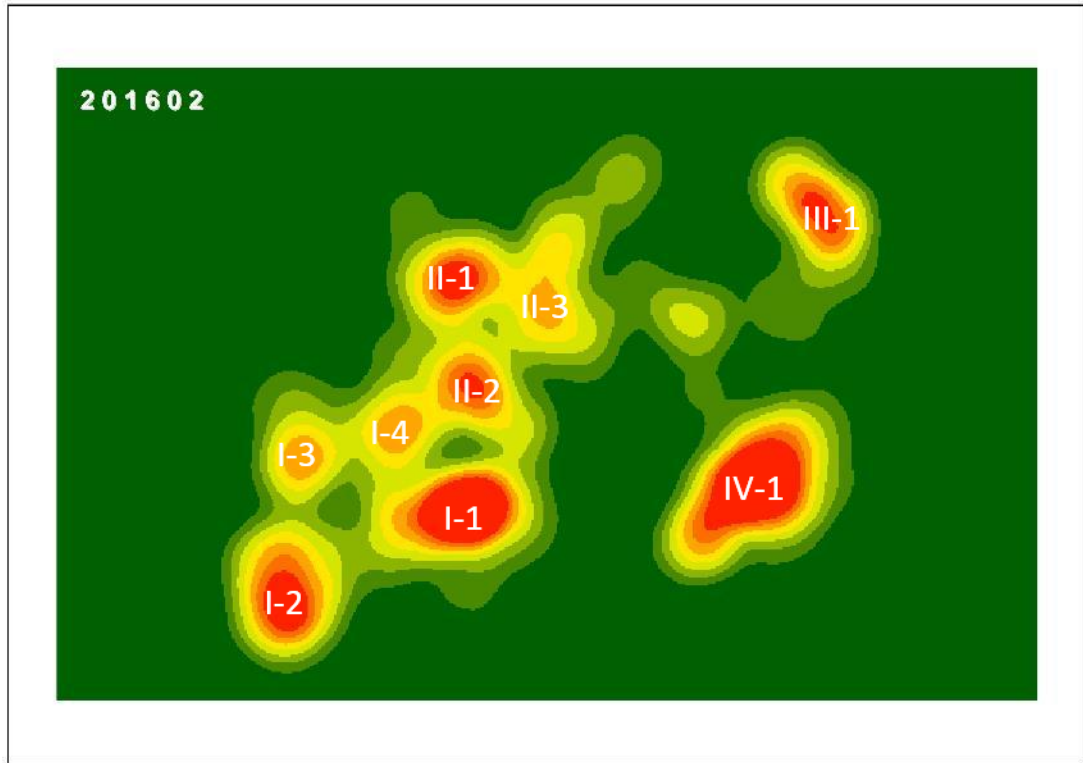


圖 7、2016 年 2 月中山林罹病樹木核密度分佈圖

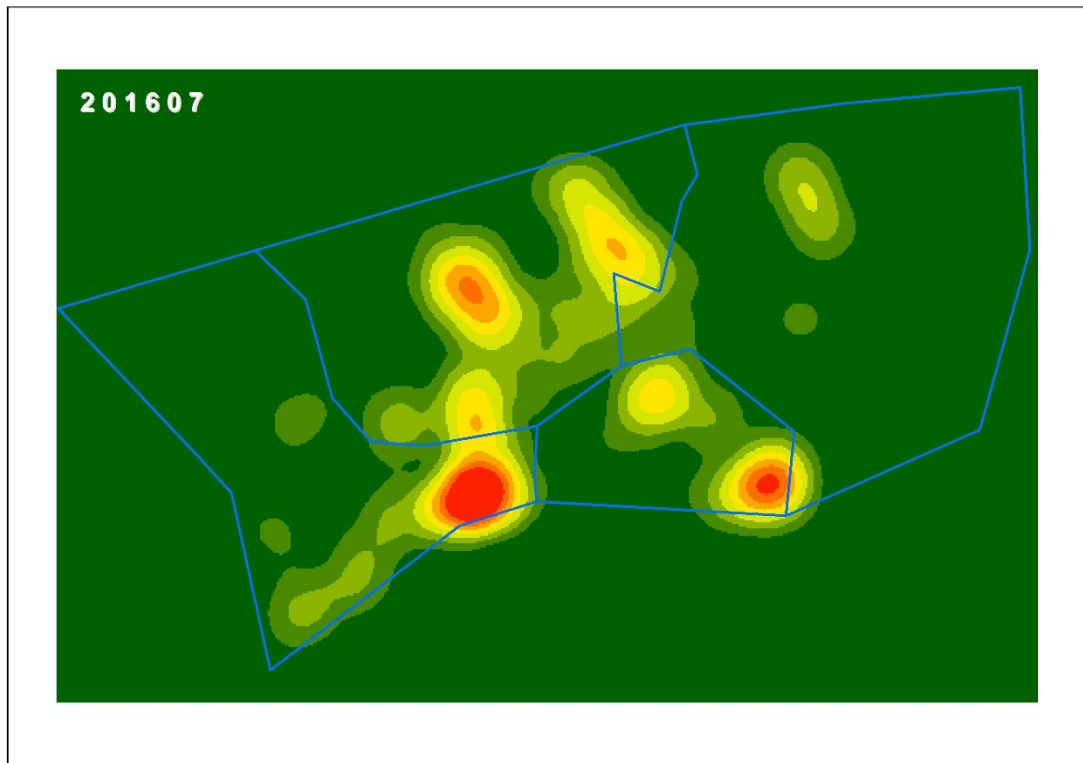


圖 8、2016 年 7 月中山林罹病樹木核密度分佈圖

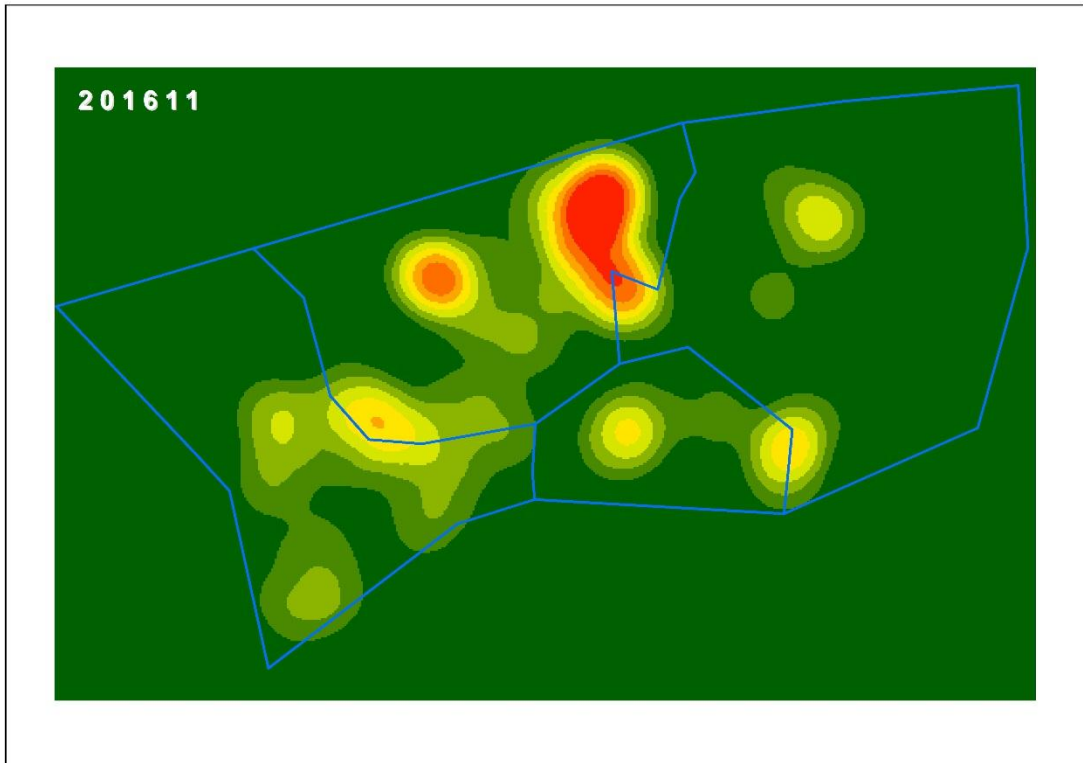


圖 9、2016 年 11 月中山林罹病樹木核密度分佈圖

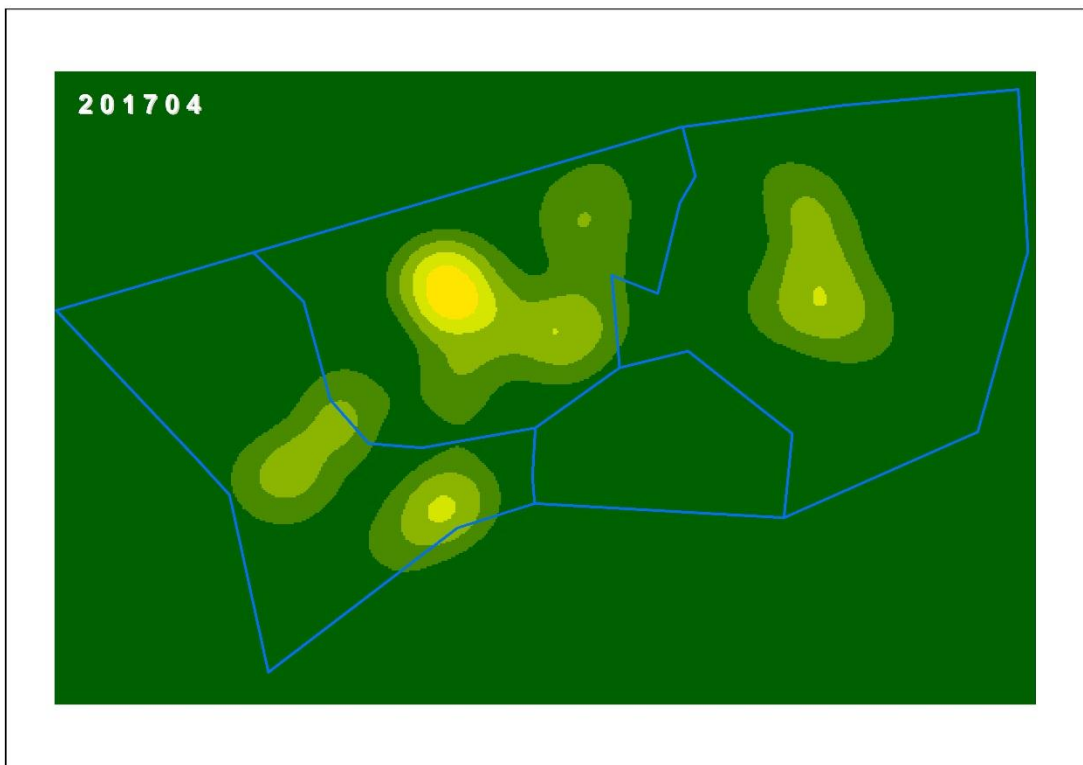


圖 10、2017 年 4 月中山林罹病樹木核密度分佈圖

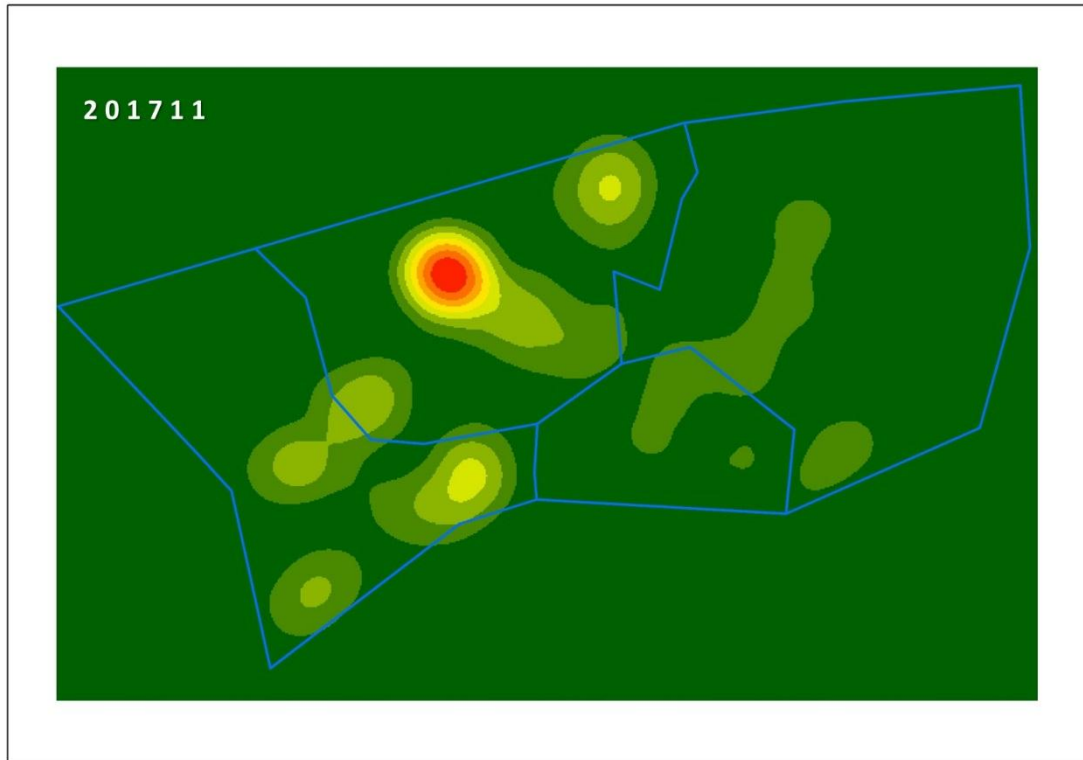


圖 11、2017 年 11 月中山林罹病樹木核密度分佈圖

## 二. 研析罹病受害區域特性及擴散方向分析

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。於 105 年 12 月至 106 年 11 月間完成之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，五次空照圖之結果，進行地理分布分析，瞭解罹病群聚及罹病擴散之方向性情形，如圖 5 及圖 6。如圖 5 中所示，將中山林以 10 公尺乘 10 公尺之網格劃分後進行核密度分析，可見到圖 5 中，越偏紅色的網格代表出現罹病木之頻率較高；以五次空照圖的資料為基礎，可繪製出中山林地區 2016 年至 2017 年罹病樹木的核密度分布圖，如圖 6。圖 6 中可看到於第一區至第四區各有一個較顯著之群聚區域，在這兩年的監測期間中，第一區之群聚區域有向西邊擴張之趨勢，第二區有向東邊擴張之趨勢，第三區之群聚區域有向西南擴張之趨勢，而第四區之群聚區域有向西南及東北擴張之趨勢。

每一次空拍的核密度分佈圖如圖 7 至圖 11 所示，於第一次空拍後所顯示的群聚點如圖 7，為 I-1、I-2、I-3、I-4、II-1、II-2、II-3、III-1、IV-1。經由一系列的核密度分佈圖，可以發現從 2016 年 2 月到 7 月時，I-2、I-3、I-4 點罹病情形漸緩，其餘各點大致不變；到 2016 年 11 月時，除 II-1、II-3 點以外其餘各點罹病群聚情形漸緩，應為該年 9 月之颱風吹倒大量罹病木後，造成後續空拍資料的判讀有所誤差所致；2017 年 4 月時，為冬末春初之時，此時病情尚未有進展，各點罹



病情形不嚴重；到 2017 年 11 月時，只有 II-1 點罹病情形較嚴重，I-1 次之，III-1 及 IV-1 群聚最不明顯。群聚點隨時間之演變有無情形如表 5。以這五次空拍資料為基礎，建議中山林後續重點防治區域應以第二區之 II-1 為優先區域，第一區之 I-1 次之，最後則為第三區及第四區之 III-1 及 IV-1。

表 5、各群聚點隨時間之演變情形

	I-1	I-2	I-3	I-4	II-1	II-2	II-3	III-1	IV-1
2016 年 02 月	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2016 年 07 月	✓	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
2016 年 11 月	X	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓
2017 年 04 月	✓	X	X	X	✓	X	X	✓	X
2017 年 11 月	✓	X	X	X	✓	X	X	X	X

\* ✓為該時間於該點有明顯群聚情形，X 為該時間於該點無明顯群聚情形

## 第二節、發展松材線蟲萎凋病生物防治技術

### 一. 聚集費洛蒙誘餌不同劑量配方對松斑天牛誘引性試驗

#### (一). 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結果，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 日在台北市石壇山松樹林。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。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。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等四次試驗，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。

(二). 聚集費洛蒙不同配製方法對松斑天牛之誘引性影響

1. 聚集費洛蒙不同配製方法對松斑天牛之誘引性影響

於 2017 年 3 月 14 日至 2017 年 11 月 7 日，在金門國家公園中山紀念林之松樹林，比較松斑天牛聚集費洛蒙不同配製方法對松斑天牛之誘引性，如圖 12。結果顯示以 25 mg+IPA+oil/septa 誘捕到 25 隻松斑天牛；其次為 25 mg+IPA/septa 則誘引 22 隻、再來為 25 mg+EtOH+oil/septa 誘引 16 隻，而 25 mg+EtOH/septa 誘引到 8 隻，顯示聚集費洛蒙以添加異丙醇和大豆沙拉油之配製方法，可提升對松斑天牛之誘引效果。另由試驗結果顯示 106 年金門的松斑天牛主要發生於於 3 月至 7 月之間。

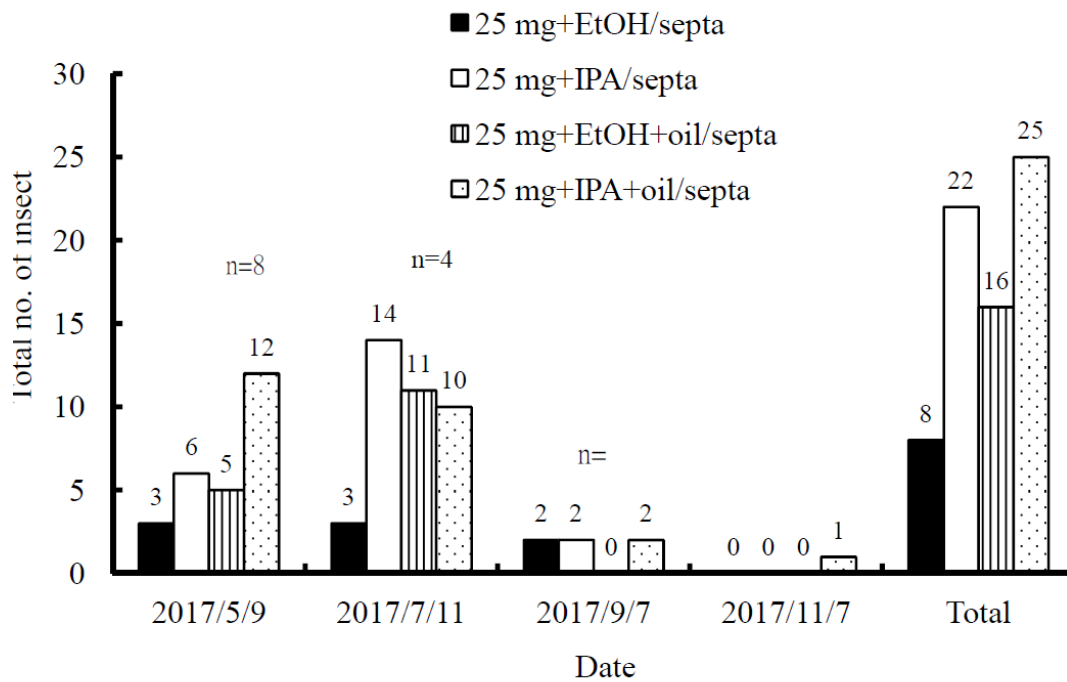


圖 12、聚集費洛蒙誘餌配製改良對松斑天牛之誘引性影響

## 2. 不同配製方法之聚集費洛蒙之田間持效期探討

不同配製方法之松斑天牛聚集費洛蒙誘餌，其田間持效期測試結果如表 6。第一次試驗於 2017 年 5 月 9 日至 7 月 11 日，比較 0(0-M)和 2 個月齡(2-M)之松斑天牛聚集費洛蒙誘餌對松斑天牛之誘引效果，結果顯示 A、B、C、D 之 0-M 與 2-M 誘引蟲數分別 3 與 5 隻、14 與 2 隻、11 與 3 隻、10 與 10 隻；B 及 C 配方於 2-M 對松斑天牛之誘引效果下降，以 D 配方於 2-M 與 0-M 對松斑天牛之誘引效果相同，顯示 D 配方在田間可持續誘蟲 2 - 4 個月。

第二次試驗於 2017 年 7 月 1 日至 9 月 7 日，比較 0 和 4 個月齡(4-M)之松斑天牛聚集費洛蒙誘餌對松斑天牛之誘引效果，結果顯示 A、B、C、D 之 0-M 與 4-M 誘引蟲數分別 2 與 0 隻、2 與 0 隻、0 與 0 隻、2 與 1 隻；配方 A、B、C 於 4-M 均沒誘捕到松斑天牛，顯示已無誘引效果；配方 D 於 4-M 誘捕到 1 隻，顯示對松斑天牛還有誘蟲效果。

第三次試驗於 2017 年 9 月 7 日至 11 月 7 日，比較 0 和 6 個月齡(6-M)之松斑天牛聚集費洛蒙誘餌對松斑天牛之誘引效果，結果顯示 A、B、C、D 之 0-M 與 6-M 誘引蟲數分別為 0 與 0 隻、0 與 0 隻、0 與 0 隻、1 與 0 隻，僅配方 D 於 0-M 抓 1 隻松斑天牛；顯示 9 月 7 日至 11 月 7 日松斑天牛之族群密度已很低，配方 D 為對松斑天牛有潛力之費洛蒙食物誘引劑配方。

表 6、聚集費洛蒙誘餌配製改良對松斑天牛之誘引力持效性

Lure age (month)	Total no. of insect captured (n=4)			
	A <sup>1)</sup>	B	C	D
2017 年 5 月 9 日至 7 月 11 日				
0-month-old	3	14	11	10
2-month-old	5	2	3	10
2017 年 7 月 11 日至 9 月 7 日				
0-month-old	2	2	0	2
4-month-old	0	0	0	1
2017 年 9 月 7 日至 11 月 7 日				
0-month-old	0	0	0	1
6-month-old	0	0	0	0

## 二. 松斑天牛食物誘引劑誘引效果測試與改良

(一). 不同來源  $\beta$ -pinene 之不同比例食物誘引劑配方對松斑天牛之誘蟲活性

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。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)-(-)-  $\beta$ -Pinene，每個誘引劑成本由 980.2 元降為 296.8 元，減少 683.4 元。

(二). 松斑天牛食物誘引劑劑型改良試驗

1. 松斑天牛食物誘引劑配方與酒精配方罐不同開口數目之揮發情形

松斑天牛食物誘引劑配方與酒精配方罐不同開口數目之揮發情形，如圖 13。配方罐上孔數為 2 及 4 個者，食物誘引劑配方與酒精之揮發較 1 孔為多；三處理之總揮發量經 42 至 49 日概在 1-2 g，以後呈平穩狀。酒精配方罐具 1、2、4 等不同開口數目處理之揮發約經 70 日已揮發完畢。食物誘引劑配方罐 1 孔處理，約經 42 日其藥劑量由 15.9839 g 降為 14.8154 g，49 日至 112 日藥劑剩餘量呈平穩狀 14.8610 g - 15.5934 g。食物誘引劑配方罐 2 孔處理，約經 42 日其藥劑量由 15.8378 g 降為 14.5315 g，49 日至 112 日藥劑剩餘量呈平穩狀 14.5844 g - 15.1388 g。食物誘引劑配方罐 4 孔處理，約經 49 日其藥劑量由 16.3803 g 降為 14.5992 g，56 日至 112 日藥劑剩餘量呈平穩狀 14.6296 g - 14.6812 g。酒精配方罐不同開口數目處理，酒精配方罐 1 孔處理，約經 70 日其藥劑量由 14.2504 g 降為 0.3002 g；2 孔處理，約經 70 日其藥劑量由 14.2809 g 降為 0.1259 g；4 孔

處理，約經 70 日其藥劑量由 14.7537 g 降為 0.2664 g。

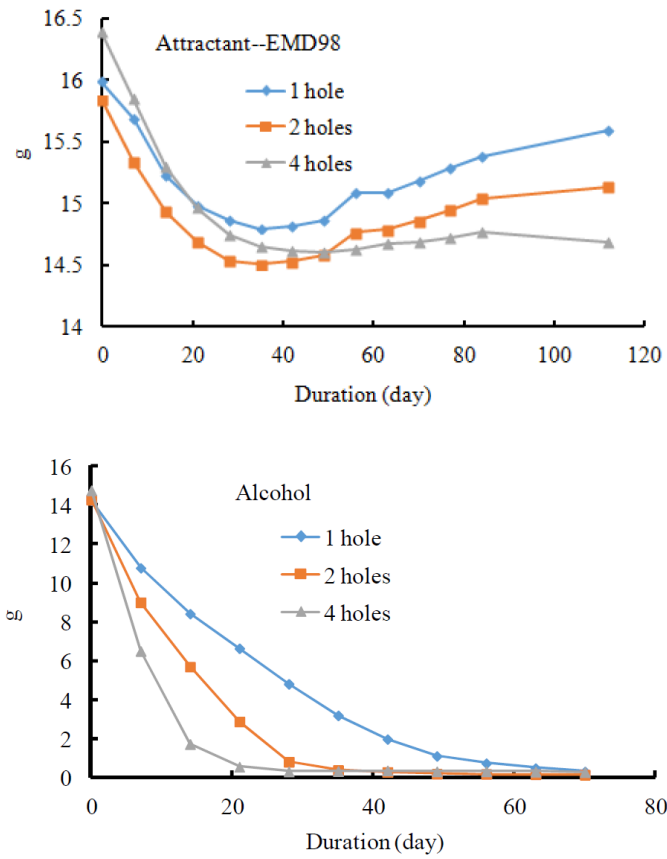


圖 13、松斑天牛食物誘引劑配方與酒精配方罐不同開口數目之揮發情形。

## 2. 松斑天牛食物誘引劑固型劑型之揮發情形

由於原始使用之松斑天牛誘引劑以棉花填充在固定載體內，再加入誘引劑 EMD98 進行揮發誘引，此裝置在使用上較為不便，每次都需要重新填裝，不利使用，因此希望能夠新開發較為便利使用及延長揮發效果之配方製劑。利用不同填充劑與黏著劑，混合成不同表面孔隙大小的顆粒，是為配方 A、B、C、D 組，希望藉由孔洞大小及包裝載具差異，調整 EMD98 揮發速率，由第一次小量預試驗配製第 A、B 組配方，藉由其揮發速率觀察到重量於短時間內下降快速，推測 EMD98 可能會快速揮發殆盡，因此將改以黃色鋁箔袋封口包裝，再以小洞進行釋放，外面再包一層茶袋，避免包材顏色影響天牛誘引效果，並同時篩選出第二支黏著劑調整配方，希望能降低揮發速度，是為配方 C 及 D，結果由揮發重量顯示(圖 14)，以鋁箔袋包裝的配方 1 及 2，平均每日重量變化約為 0.048 克及 0.050 克，一個月內有持續揮發的趨勢，直到第 28 及 32 天才趨於平緩，配方 1 及 2 揮發速率接近目標 0.07 克/日，而配方 3 及 4 為



0.0013 克及 0.0021 克，釋放量極少，而且恐受環境中溼度影響，濕度提高時重量變化還會些許上升，如試驗過程中第 3、8、29、32 天，環境濕度接近或超過 60%，因此造成些微的上升，除此之外，重量變化趨勢還是緩慢下降的，但由實際田間誘引效果而言(表 7)，配方 A、B 並沒有誘引到松斑天牛，但配方 C 及 D 分別在四重複中誘引到 1 及 2 隻，與原 EMD98 利用棉花裝填誘引的效果相同，其中配方 D 還在一個重複中同時誘引到 2 隻，由此結果顯示，配方 A、B 雖然可穩定持續釋放誘引劑，但可能鋁箔袋包裝或是其他因素造成誘引效果不佳，後續將置換成其他顏色鋁箔袋再進行測試，又配方 C 及 D 以非常低的劑量進行誘引劑揮發，但誘引效果較配方 A、B 更佳，後續會再重複試驗確認是否低劑量下，即可對松斑天牛具有較佳的誘引效果。

另為有效延長作用時間及調整揮發速率，除原粒狀製劑外，也開發 E、F、M 為膏狀劑型。製劑 E、M 之揮發情形如圖 15。製劑 E 在 0-30 天揮發速率可達 0.042 克/天，而後開始減緩，但 75 天都會持續揮

發，平均有 0.032 克/天，但配方製劑在持續高溫下會產生流動性，因此後續又再改良配方為製劑 M，並同時提高藥劑量，結果顯示製劑 M 在 0-30 天揮發速率可達 0.081 克/天，而後開始減緩但第二個月仍可維持 0.056 克/天，2 個月平均揮發率為 0.068 克/天，符合預期的揮發速率，但 M 製劑測試時已過松斑天牛發生期，因此無誘引到，後續可再進一步測試。

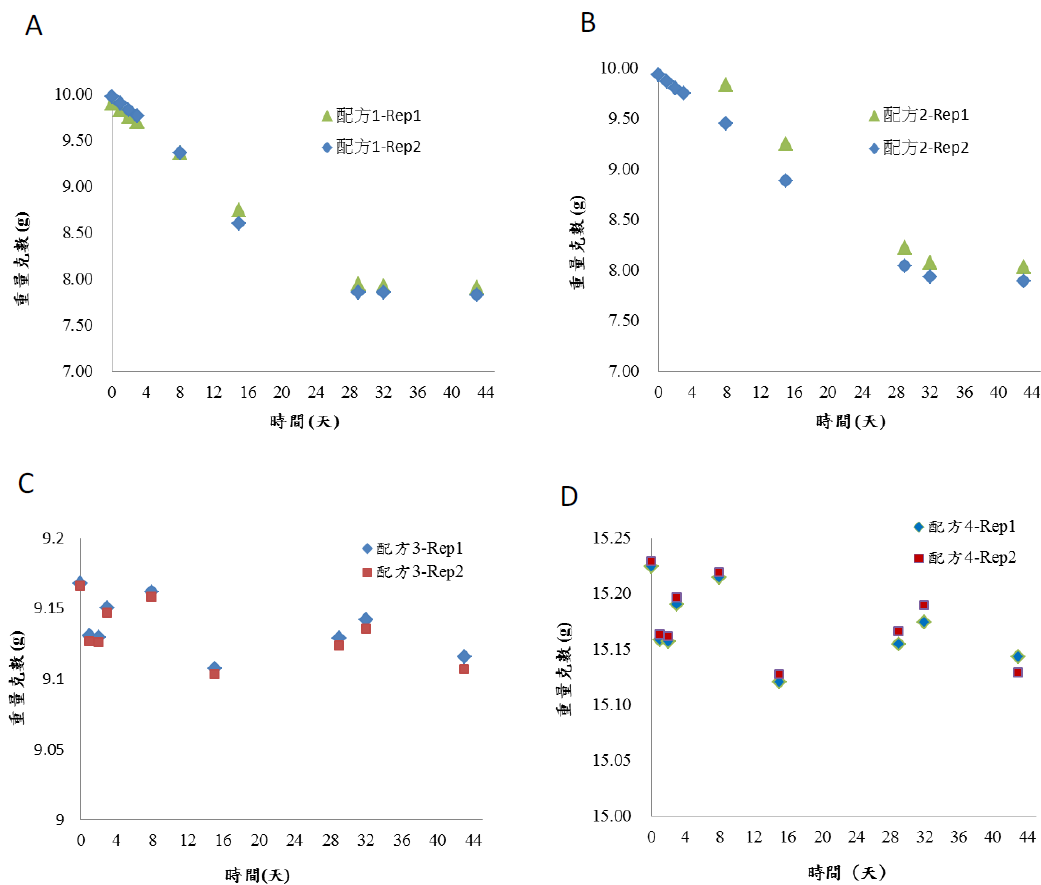


圖 14、四種誘引劑配方製劑重量變化測試

(A)配方1 (B)配方2 (C)配方3 (D) 配方4，每組2重複。

表 7、松斑天牛食物誘引劑不同固型劑型對松斑天牛之誘引效果

固型劑型	誘蟲總數			
	2017年3月4日至5月9日(N=4)			
	♂	♀	無法判斷	總數
A	0	0	0	0
B	0	0	0	0
C	0	0	2	2
D	0	0	2	2
EMD98(CK)	0	1	0	1
總數	0	1	4	5(1♀, 4X)
2017年5月9日至7月11日(N=4)				
固型劑型	♂	♀	無法判斷	總數
A	2	0	7	9
B	0	0	5	5
C	0	1	2	3
D	0	0	0	0
E	0	2	6	8
F	1	0	6	7
G	0	0	2	2
H	0	0	1	1
EMD98	0	1	7	8
總數	3	4	36	43(3♂4♀)
2017年7月11日至9月7日(N=8)				
固型劑型	♂	♀	無法判斷	總數
E	1	1	4	6
I	0	0	0	0
J	0	0	1	1
EMD98(CK)	1	0	6	7
總數	2	1	11	14(2♂1♀)

---

2017年9月7日至11月7日

固型劑型	♂	♀	無法判斷	總數
K	0	0	0	0
L	0	0	0	0
M	0	0	0	0
EMD98(CK)	0	0	0	0
總數	0	0	0	0

---

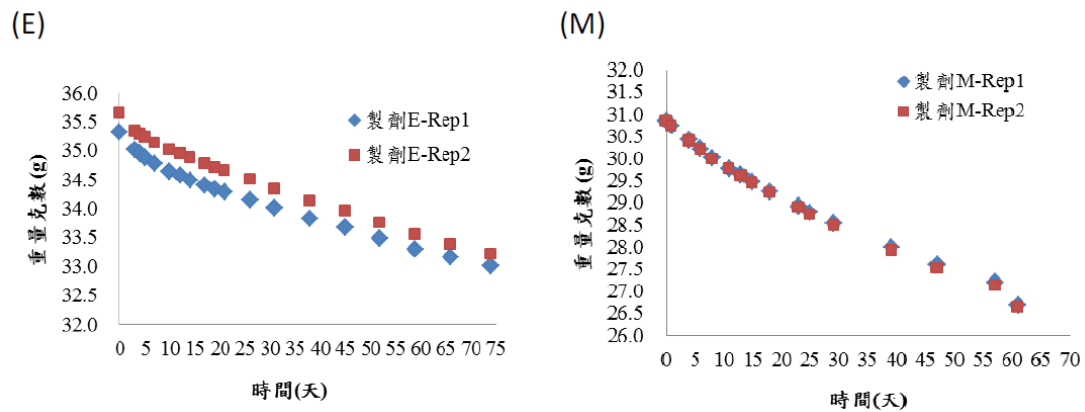


圖 15、製劑 E 及 M 誘引劑揮發重量變化測試。

### 3. 松斑天牛食物誘引劑固型劑型對松斑天牛之誘引效果測試

松斑天牛食物誘引劑固型劑型對松斑天牛之誘引效果測試結果如表 7。於 2017 年 3 月 14 日至 2017 年 5 月 9 日，在金門國家公園中山紀念林之松樹林，4 種松斑天牛食物誘引劑固型劑型對松斑天牛之誘引效果，結果以 C 和 D 配方對松斑天牛之誘引效果較佳。配方 A、B、C、D 的誘蟲總數，分別為 0、0、2、2 隻，藥劑對照組 1 隻，以 C 和 D 配方與對照組相近。2017 年 5 月 9 日至 7 月 11 日之配方 A、B、C、D、E、F、G、H 的誘蟲總數，分別為 9、5、3、0、8、7、2、1 隻，藥劑對照組 8 隻，以 A 和 E 及 F 配方與對照組相近。2017 年 7 月 11 日至 9 月 11 日之

配方 E、I、J 的誘蟲總數，分別為 6、0、1 隻，藥劑對照組 7 隻，以 E 配方與對照組相近。2017 年 9 月 11 日至 11 月 7 日之配方 K、L、M 及藥劑對照組皆無誘引到松斑天牛。因此，以後可針對 A、C、D、E 及 F 配方，進一步研究。9 月以後松斑天牛族群密度驟降，配方 K、L、M 對松斑天牛之誘引性須再經確認。

### 三. 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。

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。

第三次試驗：於 2016 年 8 月 17 日至 2017 年 3 月 14 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。本試驗於今年中秋節時遇颱風，於 9 月 22 日重新設置試驗。於 2016 年 11 月 15 日第 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。於 2016 年 11 月 15 日至 2017 年 3 月 14 日皆無誘引松斑天牛。

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。

#### 四. 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 16。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：於 2016 年 8 月 17 日至 2017 年 3 月 14 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。本試驗於今年中秋節時遇颱風，於 9 月 22 日重新設置試驗。於 2016 年 11 月 15 日第 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。於 2016 年 11 月 15 日至 2017 年 3 月 14 日皆無誘引松斑天牛。

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。

##### 五. 利用松斑天牛食物誘引劑及聚集費洛蒙大量誘捕松斑天牛



於 2017 年 3 月 14 日至 2017 年 11 月 7 日在金門國家公園中山紀念林四區進行大量誘捕松斑天牛之誘蟲情形與估算誘蟲如表 8。於第一次調查 2017 年 3 月 14 日至 2017 年 5 月 9 日，每區設置 17 個誘蟲器，誘捕到松斑天牛共 56 隻，依照誘蟲器擺設區域面積所捕捉的松斑天牛數量，推算各大區內可抓捕松斑天牛數量於四區約可誘引到 5629、3125、4735 及 5591 隻，每公頃 120 隻/ha。

第二次調查 2017 年 5 月 9 日至 2017 年 7 月 11 日及第三次調查 2017 年 7 月 11 日至 2017 年 9 月 7 日，每區隨機設置 6 個誘蟲器，分別誘捕到松斑天牛共 56 及 12 隻。本兩次調查先估算每區設置 17 個誘蟲器之誘蟲總數，再依照誘蟲器擺設區域面積所捕捉的松斑天牛數量，推算各大區內可抓捕松斑天牛數量於四區約可誘引到第二次調查 7058、14158、15322、18090 隻，每公頃 353 隻/ha。第三次調查 876、875、8625、1118 隻，每公頃 48.3 隻/ha。於 2017 年 9 月 11 至 11 月 7 日無誘引到松斑天牛。推估 2017 年 3 月至 9 月四大區全部進行大量誘殺松斑天牛，估算誘蟲總數約達 85202 隻。由本試驗結果顯示松斑天牛成蟲約於 3-5 月飛出，於 5-7 月達高峰，7-9 月松斑天牛成蟲族群密度急遽下降。

松斑天牛複合式誘引劑之田間有效期測試結果如表 9。

於 2017 年 5 月 9 日至 7 月 11 日 0-M 松斑天牛複合式誘引劑總誘蟲數 56(n=24)，高於 2-M 松斑天牛複合式誘引劑 49(n=48)。於 2017 年 7 月 11 日至 9 月 7 日松斑天牛複合式誘引劑 0-M、2-M、4-M 之誘蟲總數分別為 12(n=24)、7(n=24)、2(n=20)隻，以 0-M 效果較佳。於 2017 年 9 月 7 日至 11 月 7 日，松斑天牛複合式誘引劑 0-M、2-M、6-M 之誘蟲總數分別為 0(n=24)、1(n=24)、0(n=20)隻。由此顯示松斑天牛複合式誘引劑在田間持效期約 0-2 個月。

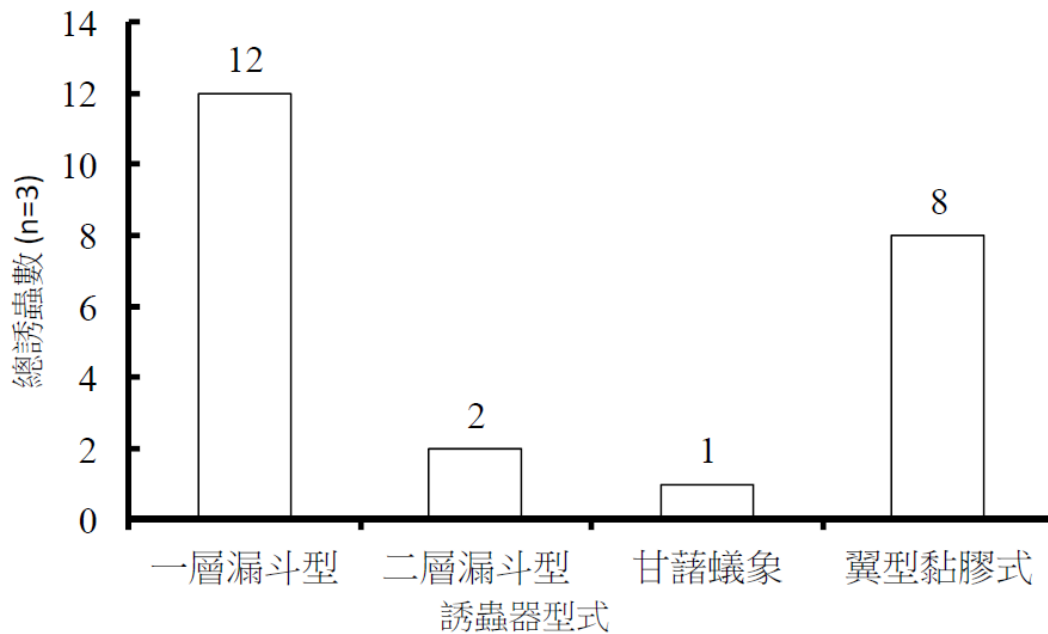


圖 16、不同誘蟲器型式對松斑天牛之誘捕效果。

表 8、2017 年利用複合式誘引劑於金門大量誘殺松斑天牛數量之估算<sup>1</sup>

項目	第一區		第二區		第三區		第四區		誘蟲 總數
	N=	蟲數	N=	蟲數	N=	蟲數	N=	蟲數	
2017 年 3 月 4 日至 5 月 9 日									
實施面積誘蟲總數	17	18	17	10	17	14	17	14	56
估算每公頃誘蟲數	106		55		60		257		120/ha
區域面積誘蟲數估算	5629		3125		4735		5591		
2017 年 5 月 9 日至 7 月 11 日									
	N=	蟲 數	N=	蟲 數	N=	蟲 數	N=	蟲 數	
實施面積誘蟲總數	6	8	6	16	6	16	6	16	
估算 N=17 誘蟲數	17	22.7	17	45.3	17	45.3	17	45.3	158.6
估算每公頃誘蟲數	133		250.8		195.1		833		353/ha
區域面積誘蟲數估算	7058.3		14158.2		15321.7		18090.3		
2017 年 7 月 11 日至 9 月 7 日									
	N=	蟲 數	N=	蟲 數	N=	蟲 數	N=	蟲 數	
實施面積誘蟲總數	6	1	6	1	6	9	6	1	
估算 N=17 誘蟲數	17	2.8	17	2.8	17	25.5	17	2.8	33.9
估算每公頃誘蟲數	16.5		15.5		109.8		51.5		48.3/ha
區域面積誘蟲數估算	875.6		875.1		8624.8		1118.2		
2017 年 9 月 11 日至 11 月 7 日									
	N=	蟲 數	N=	蟲 數	N=	蟲 數	N=	蟲 數	
實施面積誘蟲總數	6	0	6	0	6	0	6	0	0
估算 N=17 誘蟲數	17	0	17	0	17	0	17	0	
估算每公頃誘蟲數	0		0		0		0		0/ha
區域面積誘蟲數估算	0		0		0		0		

<sup>1</sup> 區域面積誘蟲數估算 = (區域面積/實施面積)\* 實施面積誘蟲總數

表 9、松斑天牛誘引劑配方

(食物誘引劑 A 與聚集費洛蒙 25 mg+EtOH/septa)之田間持效期

Lure age (month)	Total no. of insect captured					
	5月9日至7月11日		7月11日至9月7日		9月7日至11月7日	
	N=	insects	N=	insects	N=	insects
0-month-old	24	56	24	12	24	0
2-month-old	48	49	24	7	24	1
4-month-old	-	-	20	2	-	-
6-month-old	-	-	-	-	20	0

此外，於 106 年所設置之誘蟲器中捕獲到的松斑天牛四隻，其中三隻經浸水 (圖 17A) 18-24 小時後，可檢測出，由松斑天牛游離出之體軀纖細、數量不少之線蟲，以光學顯微鏡檢視，經形態辨認後，確認為傳播型四齡幼蟲，其主要特徵為無口針，體軀有大量之脂質體如圖 17 (B, C) 所示。

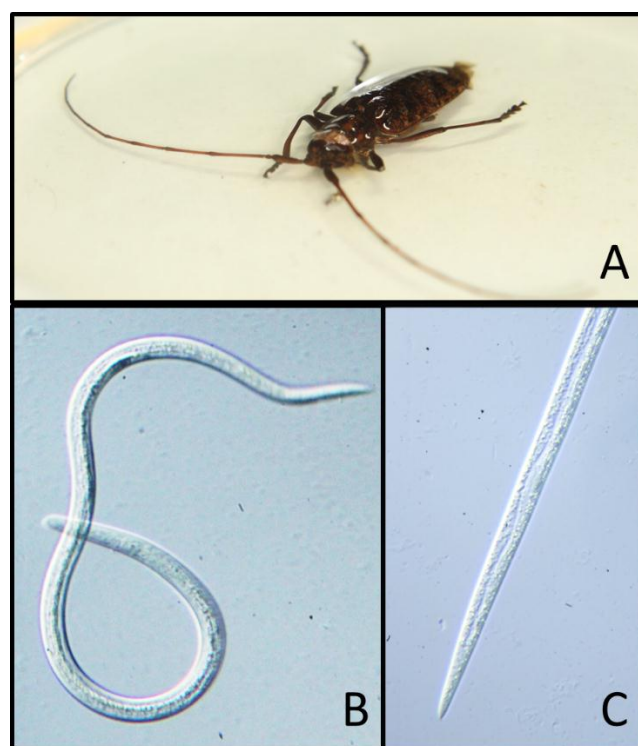


圖 17、松斑天牛及分離出之四齡松材線蟲

由以此可說明在金門中山林中的松斑天牛確實可以攜帶松材線蟲幼蟲進行傳播。

### 第三節、應用真菌性天敵防治松材線蟲及松斑天牛

#### 一. 106 年度灌注試驗

本試驗於 106 年度利用八種不同處理進行防治松斑天牛或松材線蟲之試驗，處理如下：

- 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 (H<sub>2</sub>O)
- H. 乙烯受體抑制劑(1-甲基環丙烯)

選取四個發病熱點分別設置八個不同處理之方法、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圖 18 及表 10。

本試驗於 106 年六月開始設置，第一次高壓灌注於 6

月 16 日完成，第二次灌注於 6 月 23 日完成，第三次灌注預計於 6 月 30 日完成，灌注完成後進行罹病度觀察記錄及罹病松樹影像之拍攝。

## 二. 105 年度灌注試驗後續觀察結果

結果如表 11 至表 13 所示，於灌注後持續調查病害程度之進展狀況，各處理間利用 Dunnett 法進行多重比較分析檢定。

結果顯示在 105 年 8 月到 10 月之調查結果中，各處理罹病度之間的差異度較上半年小，處理 A(EV 菌)、B(BB 菌)之罹病度在最後一次調查時分別為 26.04%及 20.83%，較對照組 G 的 35.42%低，但是其差異度於統計上已無顯著差異，其餘各處理跟對照組相比皆無達到顯著差異。

## 三. 106 年度灌注試驗後續觀察結果

結果如表 14 至表 16 所示，於灌注後持續調查病害程度之進展狀況，各處理間利用 Dunnett 法進行多重比較分析檢定。於 106 年 10 月 31 日的調查結果顯示，包含對照組的八種處理，平均罹病度為：

A : 30.42%	E : 30.42%
B : 29.58%	F : 29.58%
C : 31.25%	G : 29.17%
D : 32.50%	H : 27.92%

目前的結果之間差異性不大，於統計上亦無達到顯著差異。而各區域的罹病度分別為：第一區的 40.63%、第二區 29.17%的、第三區 29.38%的及第四區 22.71%。

表 10、106 年高壓灌注松樹樣本 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
85	F	118.351303	24.436172	109	A	118.351019	24.436326	133	A	118.351524	24.441840	157	A	118.351237	24.441364
86	D	118.350815	24.436369	110	B	118.351115	24.436432	134	B	118.351497	24.441780	158	B	118.351279	24.441358
87	B	118.350960	24.436451	111	H	118.350979	24.436430	135	G	118.351651	24.441854	159	C	118.351319	24.441294
88	A	118.350867	24.436206	112	C	118.350997	24.436497	136	C	118.351510	24.441941	160	G	118.351263	24.441279
89	C	118.350858	24.436220	113	D	118.351000	24.436506	137	D	118.351538	24.441936	161	D	118.351317	24.441128
90	G	118.350697	24.435988	114	G	118.351001	24.436577	138	E	118.351588	24.441943	162	E	118.351127	24.441172
91	H	118.350617	24.436152	115	E	118.351373	24.436408	139	F	118.351603	24.441979	163	F	118.351123	24.441163
92	E	118.350595	24.436049	116	F	118.351345	24.436398	140	H	118.351586	24.441951	164	H	118.351235	24.441159
93	C	118.350587	24.435907	117	A	118.346446	24.437486	141	A	118.351601	24.441820	165	A	118.351294	24.441168
94	A	118.350571	24.435908	118	B	118.346673	24.437517	142	B	118.351653	24.441738	166	B	118.351348	24.441125
95	D	118.350549	24.435819	119	G	118.346697	24.437555	143	C	118.351664	24.441751	167	C	118.351294	24.441112
96	E	118.350444	24.435893	120	C	118.346898	24.437511	144	D	118.351688	24.441836	168	D	118.351425	24.440937
97	H	118.350402	24.435951	121	D	118.346658	24.437533	145	E	118.351685	24.441833	169	E	118.351315	24.440906
98	B	118.350299	24.435868	122	E	118.346740	24.437581	146	F	118.351770	24.441689	170	F	118.351299	24.440946
99	F	118.350046	24.435815	123	F	118.346737	24.437462	147	H	118.351670	24.441496	171	G	118.351323	24.440984
100	G	118.349889	24.435694	124	H	118.346767	24.437475	148	G	118.351715	24.441572	172	H	118.351466	24.441069
101	F	118.349853	24.435706	125	F	118.346384	24.437439	149	A	118.351506	24.441792	173	G	118.351201	24.440761
102	D	118.349868	24.435827	126	G	118.346691	24.437480	150	B	118.351409	24.441669	174	E	118.351101	24.440670
103	E	118.349960	24.435954	127	E	118.346656	24.437517	151	C	118.351438	24.441554	175	A	118.351090	24.440552
104	A	118.349770	24.435989	128	A	118.346545	24.437382	152	D	118.351490	24.441535	176	B	118.351134	24.440269
105	C	118.349656	24.436053	129	B	118.346630	24.437329	153	E	118.351496	24.441354	177	C	118.351389	24.440217
106	B	118.349764	24.436153	130	C	118.346618	24.437187	154	G	118.351304	24.441494	178	D	118.351456	24.440113
107	G	118.349815	24.436129	131	H	118.346567	24.437285	155	F	118.351278	24.441529	179	F	118.351183	24.440233
108	H	118.349856	24.436197	132	D	118.346596	24.437428	156	H	118.351252	24.441540	180	H	118.351175	24.440309



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
181	A	118.357976	24.440395	205	A	118.360257	24.441707	229	A	118.356114	24.437421	253	D	118.355233	24.437815
182	B	118.357978	24.440379	206	B	118.360256	24.441957	230	B	118.356263	24.437383	254	G	118.355231	24.437749
183	C	118.358069	24.440417	207	C	118.359946	24.442274	231	C	118.356004	24.437442	255	C	118.355186	24.437774
184	D	118.358124	24.440398	208	D	118.359913	24.442270	232	D	118.356033	24.437483	256	A	118.355059	24.437838
185	E	118.358171	24.440349	209	E	118.359852	24.442276	233	E	118.356029	24.437419	257	B	118.355161	24.437686
186	F	118.358254	24.440300	210	F	118.360005	24.442309	234	F	118.355969	24.437369	258	F	118.355170	24.437637
187	G	118.358218	24.440418	211	H	118.360060	24.442336	235	G	118.356035	24.437315	259	H	118.355138	24.437668
188	H	118.358246	24.440406	212	G	118.360029	24.442373	236	H	118.356137	24.437305	260	E	118.355081	24.437702
189	A	118.358223	24.440471	213	A	118.357835	24.440605	237	A	118.355814	24.437590	261	A	118.355212	24.437800
190	B	118.358304	24.440436	214	B	118.357828	24.440585	238	B	118.355855	24.437596	262	B	118.355196	24.437814
191	C	118.358393	24.440431	215	C	118.358006	24.440664	239	C	118.355948	24.437610	263	C	118.355144	24.437853
192	D	118.358386	24.440383	216	D	118.358048	24.440636	240	D	118.356001	24.437593	264	D	118.355065	24.437872
193	H	118.358356	24.440395	217	E	118.358040	24.440628	241	E	118.356050	24.437587	265	E	118.355115	24.437947
194	F	118.358808	24.440316	218	F	118.358102	24.440745	242	F	118.356054	24.437561	266	F	118.355102	24.438044
195	G	118.358881	24.440284	219	G	118.358114	24.440905	243	G	118.355774	24.437563	267	G	118.355034	24.438052
196	E	118.358924	24.440294	220	H	118.358135	24.440941	244	H	118.355752	24.437538	268	H	118.354920	24.438017
197	A	118.359019	24.440284	221	A	118.358295	24.440860	245	A	118.355668	24.437668	269	D	118.354936	24.437925
198	B	118.359012	24.440296	222	B	118.358234	24.440855	246	B	118.355614	24.437711	270	A	118.354895	24.437879
199	C	118.359327	24.440625	223	C	118.358255	24.440845	247	C	118.355651	24.437799	271	B	118.354679	24.438007
200	D	118.359372	24.440660	224	D	118.358255	24.440795	248	D	118.355462	24.437686	272	G	118.354560	24.438051
201	E	118.359640	24.440723	225	G	118.358255	24.440798	249	E	118.355282	24.437726	273	C	118.354538	24.438018
202	F	118.359568	24.440667	226	F	118.358273	24.440654	250	F	118.355279	24.437778	274	H	118.354764	24.437766
203	G	118.359565	24.440662	227	E	118.358322	24.440729	251	G	118.355301	24.437786	275	F	118.354696	24.437758
204	H	118.359733	24.440717	228	H	118.358474	24.440758	252	H	118.355397	24.437730	276	E	118.354700	24.437751

# 金門國家公園 中山林

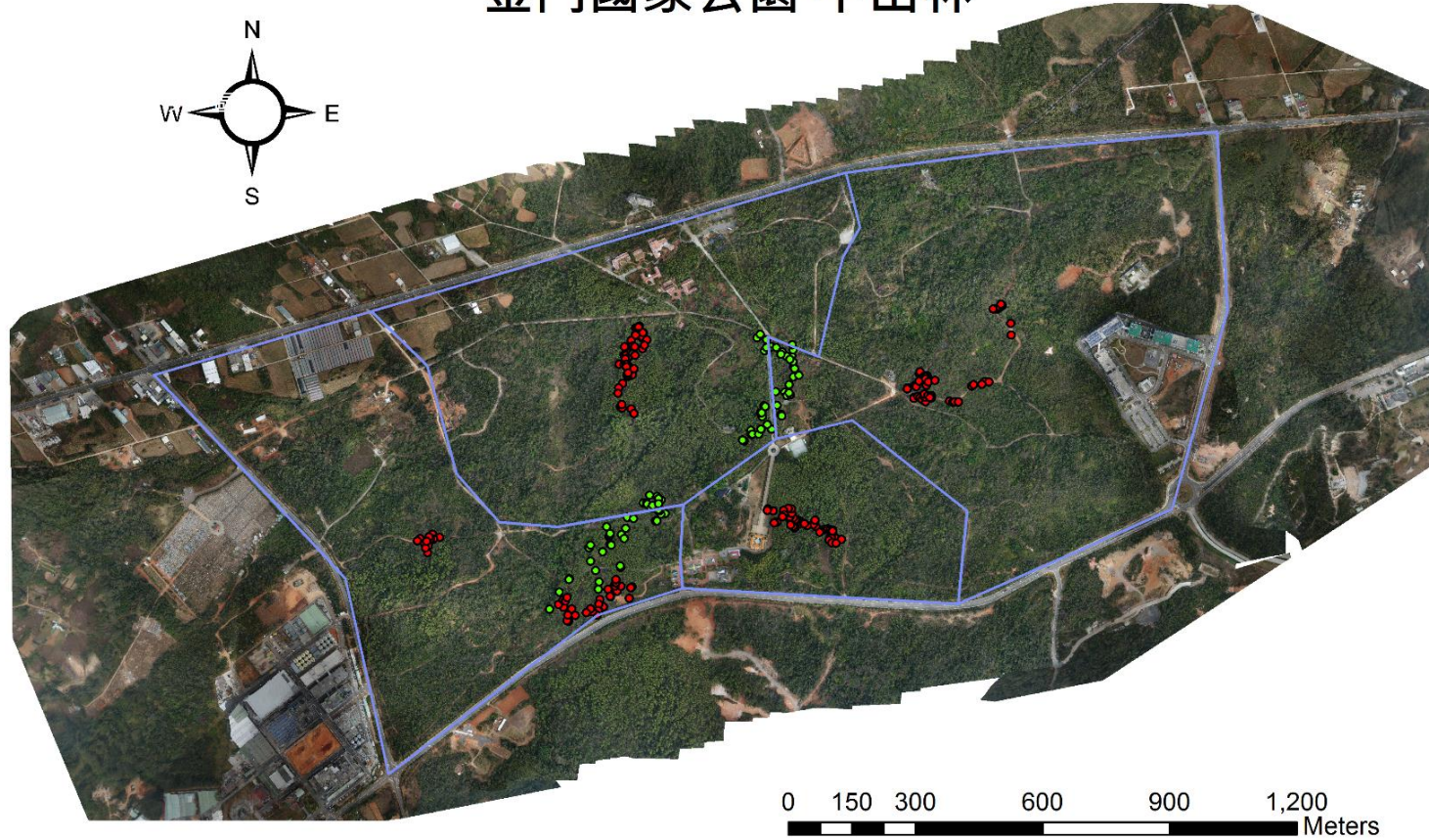


圖 18、高壓灌注試驗樣本松樹 GPS 位置

紅色標記為 106 年高壓灌注試驗松樹位置

綠色標記為 105 年高壓灌注試驗松樹位置

表 11、105 年各藥劑處理防治之效果 (106/8/31 調查結果)

處理代號	藥劑處理	罹病度		
		I	II	mean
A	EV	26.67%	23.33%	25.00%
B	BB	23.33%	20.00%	21.67%
C	EV+BB	43.33%	16.67%	30.00%
D	S/C	23.33%	20.00%	21.67%
E	BrCo	40.00%	23.33%	31.67%
F	Carbosulfan	26.67%	20.00%	23.33%
G	CK	26.67%	33.33%	30.00%

One-sided Dunnett's Multiple Comparisons with a Control:G

\*與對照組(G)相比有顯著差異

表 12、105 年各藥劑處理防治之效果 (106/9/31 調查結果)

處理代號	藥劑處理	罹病度		
		I	II	mean
A	EV	25.00%	25.00%	25.00%
B	BB	25.00%	20.83%	22.92%
C	EV+BB	54.17%	25.00%	39.58%
D	S/C	33.33%	25.00%	29.17%
E	BrCo	50.00%	25.00%	37.50%
F	Carbosulfan	33.33%	25.00%	29.17%
G	CK	29.17%	33.33%	31.25%

One-sided Dunnett's Multiple Comparisons with a Control:G

\*與對照組(G)相比有顯著差異

表 13、105 年各藥劑處理防治之效果 (106/10/31 調查結果)

處理代號	藥劑處理	罹病度		
		I	II	mean
A	EV	31.25%	20.83%	26.04%
B	BB	29.17%	12.50%	20.83%
C	EV+BB	52.08%	22.92%	37.50%
D	S/C	29.17%	25.00%	27.08%
E	BrCo	41.67%	35.42%	38.54%
F	Carbosulfan	35.42%	14.58%	25.00%
G	CK	41.67%	29.17%	35.42%

One-sided Dunnett's Multiple Comparisons with a Control:G

\*與對照組(G)相比有顯著差異

表 14、106 年各藥劑處理防治之效果 (106/8/31 調查結果)

處理代號	藥劑處理	罹病度				
		I	II	III	IV	mean
A	EV	30.00%	36.67%	30.00%	16.67%	28.33%
B	BB	40.00%	20.00%	23.33%	13.33%	24.17%
C	EV+BB	56.67%	13.33%	23.33%	10.00%	25.83%
D	S/C	33.33%	10.00%	40.00%	20.00%	25.83%
E	BrCo	33.33%	23.33%	30.00%	13.33%	25.00%
F	Carbosulfan	26.67%	13.33%	33.33%	6.67%	20.00%
G	CK	20.00%	23.33%	36.67%	23.33%	25.83%
H	1-MCP	36.67%	3.33%	30.00%	10.00%	20.00%

One-sided Dunnett's Multiple Comparisons with a Control:G

\*與對照組(G)相比有顯著差異

表 15、106 年各藥劑處理防治之效果 (106/9/31 調查結果)

處理代號	藥劑處理	罹病度				
		I	II	III	IV	mean
A	EV	30.00%	40.00%	30.00%	20.00%	30.00%
B	BB	40.00%	26.67%	23.33%	20.00%	27.50%
C	EV+BB	60.00%	20.00%	23.33%	20.00%	30.83%
D	S/C	40.00%	16.67%	26.67%	30.00%	28.33%
E	BrCo	40.00%	26.67%	30.00%	20.00%	29.17%
F	Carbosulfan	33.33%	16.67%	30.00%	20.00%	25.00%
G	CK	23.33%	26.67%	36.67%	26.67%	28.33%
H	1-MCP	30.00%	26.67%	26.67%	20.00%	25.83%

One-sided Dunnett's Multiple Comparisons with a Control:G

\*與對照組(G)相比有顯著差異

表 16、106 年各藥劑處理防治之效果 (106/10/31 調查結果)

處理代號	藥劑處理	罹病度				
		I	II	III	IV	mean
A	EV	31.67%	40.00%	28.33%	21.67%	30.42%
B	BB	40.00%	31.67%	26.67%	20.00%	29.58%
C	EV+BB	60.00%	21.67%	23.33%	20.00%	31.25%
D	S/C	45.00%	21.67%	33.33%	30.00%	32.50%
E	BrCo	41.67%	31.67%	36.67%	23.33%	33.33%
F	Carbosulfan	40.00%	26.67%	31.67%	20.00%	29.58%
G	CK	26.67%	30.00%	33.33%	26.67%	29.17%
H	1-MCP	40.00%	30.00%	21.67%	20.00%	27.92%

One-sided Dunnett's Multiple Comparisons with a Control:G

\*與對照組(G)相比有顯著差異

#### 第四節、主要建議事項

根據本計畫提出下列具體建議，分別從立即可行建議及長期性建議加以列舉。

##### 一. 立即可行之建議

以誘蟲器放置輔以真菌生物防治，對需優先防治之區域進行重點防治作業。可搭配罹病樹木伐倒後進行破碎至 1-1.5 公分之碎片，或是就地掩埋，深度至少為 50-100 公分。

##### 二. 長期性建議

在防治上，可利用一層漏斗寶特瓶誘蟲器，將 EV 菌及 BB 菌置於誘蟲器底層，誘引來的松斑天牛沾黏菌液飛出後，會將 EV 菌及 BB 菌帶出，在取食松樹時即能將防治菌種接種於松樹上，達到生物防治之功效，此法可作為日後全金門長期防治研究之方向，以達兼顧生態性及永續性防治之目的。

在監測控制上，可藉由本研究建立一套監測病害擴散之模式，當確認該病害可能往新區域漫延時，劃定封鎖線防堵病害擴散，達到防治的目的。

#### 第四章、結論

利用目前共五次的空照圖進行罹病木標定後分析，顯示罹病木的分佈具有顯著的群聚點，以本年度所空拍的資料分析後，有顯示出 2016-2017 年間之擴散方向趨勢，於第一區至第四區均能發現其擴散之方向潛勢，經由連續時間的罹病核密度分佈分析，建議後續優先之防治區域為第二區之 II-1 點。但是於今年之空拍期間，中山林有進行一定程度之罹病木砍伐作業，對後續之資料分析上有一定程度之影響，建議後續可定期進行空拍作業以了解該地區之罹病受害地區的分佈及演變。

利用今年上半年的媒介昆蟲相調查結果及松斑天牛大量誘捕結果，可以推估出中山林的松斑天牛捕獲率。今年於中山林中劃分四區，每區設置 17 個誘蟲器，誘捕到松斑天牛共 56 隻，依照誘蟲器抓捕的松斑天牛可推算各區內可抓捕之松斑天牛數量。這四區的面積分別為：52.9 公頃、56.4 公頃、78.5 公頃及 21.7 公頃，推估四區於天牛主要發生期之 4-6 月中，每月平均可抓 2814、1563、2365 及 5591 隻松斑天牛。於發生期中，中山林單月松斑天牛產生數量可達 32676 隻，以此估算誘蟲器在 106 年 4-6 月中，於中山林之捕獲成效可達 29.2%。

於 2016 年 11 月 15 日至 2017 年 3 月 14 日，在金門中山紀念

林持續進行複合式松斑天牛誘引劑之研發、松斑天牛乾式誘蟲器研發等試驗，結果皆無誘引到松斑天牛，可能是松斑天牛還未羽化，故無法誘引到成蟲。2017年3月14日至2017年11月7日將中山紀念林畫分為4區進行聚集費洛蒙誘餌配製改良、松斑天牛食物誘引劑固型劑型探討，以及利用松斑天牛食物誘引劑及聚集費洛蒙大量誘捕松斑天牛等試驗，結果顯示以添加異丙醇及沙拉油配製的聚集費洛蒙效果較佳，在田間約可使用3-4個月。13種松斑天牛食物誘引劑固型劑型以A、C、D、E、F配方對松斑天牛誘引效果較佳。於9-11月比較松斑天牛食物誘引劑固型劑型K、L、M，因松斑天牛族群密度低無誘到，需再確認其誘引性。利用松斑天牛複合式誘引劑大量誘捕松斑天牛，推估全年3月至9月四大區全部進行大量誘殺松斑天牛時，估算可誘得之蟲數約達85202隻，

總結費洛蒙生物防治技術子計畫2016年至2017年結果，第一為開發出誘捕松斑天牛用之一層漏斗型寶特瓶誘蟲器，第二為完成改良松斑天牛複合式誘引劑(聚集費洛蒙+食物誘引劑)，在田間可使用3-4個月，本劑可誘雌、雄松斑天牛。每個成本約576元(食物296.8元+聚集230元+誘蟲器50元)，第三為利用松斑天牛複合式誘引劑每區設置17個誘蟲器大量誘捕松斑天牛，

估算從 2017 年 3 月至 9 月共捕抓 249 隻松斑天牛。若全面誘殺估計四大區面積約 210 公頃共可捕抓約達 85202 隻。主要誘捕期間為 3-7 月為主。而相關的松斑天牛複合式誘引劑之誘引有效距離與以松斑天牛帶 EV 與白殭菌來防治松材線蟲與松斑天牛，仍須進一步探討。

於今年誘蟲器中所捕獲之松斑天牛，經分離鑑定之後確認帶有無口針型態的傳播型四齡幼蟲，經此結果可以確定松斑天牛為金門中山林地區之松材線蟲傳播媒介昆蟲。

在真菌性天敵之生物防治上，105 年所注射之結果至 106 年 5 月止，以 Dunnett 法進行多重比較分析檢定，A(EV 菌)及 B(BB 菌)處理的罹病度較對照組 G(水)來的低，且有達到統計上之顯著差距。但依 106 年 8 月之後的觀察及分析結果，各處理間無顯著差異。推測其原因可能為注射之效果已隨時間降低，加上 105 年颱風過後之大量風倒木造成本年度天牛族群的大發生，導致後續病害加劇。而今年搭配聚集費洛蒙誘蟲器於四區中進行灌注，並新設一組處理 H(乙烯受體抑制劑)，持續觀察並進行影像紀錄以評估成效，觀測結果至 106 年 11 月止，今年度之各處理間尚無顯著差異。可能亦為 105 年之颱風肆虐後，產生之大量風倒木造成天牛族群的大發生所致。



在長程防治規劃上，期望可藉由本研究建立一套監測病害擴散之模式，當確認該病害可能往新區域漫延時，劃定封鎖線防堵病害擴散，且未來若能找出病害擴散方向、病害聚集處跟棲地因子之間的關聯性，便能針對該棲地因子進行改善，達到防治的目的。

未來建議針對林區病害現況，在實務上以誘蟲器放置輔以真菌生物防治，對需優先防治之區域進行重點防治作業，並將罹病樹木伐倒後進行破碎至 1-1.5 公分之碎片，或是就地掩埋，深度至少為 50-100 公分。另外目前如何誘引松斑天牛技術已完成，可利用一層漏斗寶特瓶誘蟲器，將 EV 菌及 BB 菌置於誘蟲器底層，誘引來的松斑天牛沾黏菌液飛出後，會將 EV 菌及 BB 菌帶出，在取食松樹時即能將防治菌種接種於松樹上，達到生物防治之功效，此法可作為日後全金門長期防治研究之方向，以達兼顧生態性及永續性防治之目的。

此外可定期以無人空拍機持續拍攝並標定罹病木分布及罹病受害區域資訊，派遣調查隊員進入林區進行標記及確認，以瞭解病害擴散感染情形及相關防治成效。

附錄一、 期中審查意見回覆表

委員	委員意見	回覆意見
邱課長天火	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫封面年份有誤，請注意及報告書內容請依內政部委研作業規定格式撰寫，並將委員建議回覆意見表納入報告中。</li> <li>2. 有關報告書內容 P29(一)1 第一次空照圖日期請補充說明來源。</li> <li>3. 建議本案因涉及子項專業，請其他子計畫主持人撥冗出席審查會議。</li> <li>4. 本案去年因莫蘭帝颱風及今年本處林木育計畫影響，致樣區實驗枯木多數傾倒或遭伐除，建議實驗地點選擇非主要道路區並加以註明。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案報告內容撰寫部分會依委員建議修正及補充。</li> <li>2. 會依委員建議修正及補充。</li> <li>3. 本次審查會議子計畫主持人因繁忙無法出席。</li> <li>4. 會依委員建議修正及補充。</li> </ol>
楊秘書恭賀	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 因地緣關係金門與大陸相近，故金門松材線蟲應與福建關聯較大，請參考中國大陸松材線蟲防治經驗。</li> <li>2. 建議本案除中山林外亦將週邊納入防治工作。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有關松材線蟲是否與中國大陸關連，因無依據及資料無法判定。</li> <li>2. 會依委員建議修正及補充。</li> </ol>
楊主任東霖	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有關 P41 表 4 中以第二區誘引效果較好及第 4 種誘引劑成效良好，依顯示結果其捕捉數量為 12 隻，數量不多，請補充分析。</li> <li>2. 有關生物防治目的為抵抗病害，請補充說明松樹注射時間點和熱點區域及如何判定已得病松樹</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會依委員建議修正及補充。</li> <li>2. 會依委員建議修正及補充。</li> </ol>
陳課長玉成	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請問松材線蟲傳播是被感染年齡大松樹較易傳染或年輕松樹易傳染？</li> <li>2. 有關被感染松樹是否該救治或依物競天擇更替樹種？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會依委員建議修正及補充。</li> <li>2. 中山林為人工林松樹區，林相更新為可行目標，本案防治以罹病 25%松樹進行注射，目前結果顯示有注射的松樹維持原有現狀無惡化情形。</li> </ol>
賴主任書輝	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有關已達第 4-5 級感染松樹，應伐除或有何抑制擴散方法？</li> <li>2. 松樹感染松材線蟲之媒介昆蟲是否已找出？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會依委員建議於後續報告中修正及補充。</li> </ol>

		2. 會依委員建議於後續報告中修正及補充。
蘇副處長承基	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議本案提供明確防治方法及如何抑制擴散的策略供本處日後處理。</li> <li>2. 本案目標為提供最佳防治策略，請補充結論中誘捕數據達到的效果。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 因經費考量，防治區域可以指標及重要的樹來進行施打，其他以林相演替為主。</li> <li>2. 會依委員建議修正及補充。</li> </ol>
謝處長偉松	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案提及 4-6 月為松班天牛羽化飛出傳播的時期，依實驗結果及技術研發，請提供有效防治方法及真菌注射時間點，供本處及與林務所共同合作，未來繼續進行防治工作。</li> <li>2. 請提供伐除後枯死松樹如何處理的建議。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目前大陸，台灣及日本對松材線蟲防治以伐除為主，從未有相關單位以生物防治方法進行，本案為首屈一指，感謝處長前瞻宏觀想法。</li> <li>2. 有關伐除後枯死木可以破碎機攪碎，殺死松班天牛幼蟲。</li> </ol>

## 附錄二、 106年「金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫」工作會議紀錄

一、 時間：中華民國 106 年 9 月 25 日(星期一)下午 14 時

二、 地點：本處第一會議室

三、 主席：謝處長偉松 記錄：黃啓俊

四、 出(列)席人員：詳簽到簿

五、 主席致詞：(略)

六、 業務單位報告：(略)

七、 受託單位簡報：(略)

八、 出席人員意見：

(一)邱課長天火：

1. 本處預計今年移除 600 棵枯死松樹，建議研究團隊配合，協助標定並進行移除。

(二)曾教授顯雄：

1. 建議加強有效之白僵菌菌株，並配合季節及天牛習性提早注射。
2. 加強選植抗病之植株作為林相更新之種原。
3. 應釐清風倒木是因病蟲害或颱風因素造成，並加強枯木清除。
4. 建議可增購碎木機。
5. 建議用菌種感染天牛後再釋放可加強菌種傳播。

(三)李董事長有田：

1. 後續應優先針對重點景觀區進行點滴注射或灌注等措施。
2. 碎木機目前市面行情應為 140 萬以上。

(四)吳研究員兼主任秘書孟玲：

1. 之前防治案例是將罹病樹木伐除，鋸成小段後以塑膠黑布覆蓋 1-2 月，利用日曬高溫殺蟲，並持續觀察樹木情形。
2. 建議優先伐除罹病前期之樹木。

(五) 邱副所長祈榮：

1. 目前空拍 4 次，確認松樹感染方向及速度。
2. 本案相關技術可有效誘引，後續應配合季節持續捕抓及針對重點擴散方向施打菌種防治。
3. 10 月前應進行空拍，配合管理處進行伐除樹木標定。
4. 伐除之殘材建議先以黑布覆蓋，利用物理方式殺蟲並觀察成效。
5. 建議應先行伐除染病或死亡之植株，再針對重點樹木及區域進行防治工作。

(六) 謝處長偉松：

1. 伐除後若以焚燒方式會造成空污影響，請研提其他可行方式，如破碎或黑布覆蓋。
2. 建議針對不同時期罹病之松樹進行檢查，了解優先伐除處理之樹木順序。
3. 請針對重點區域提出後續之工作項目及處理方式，由本處編列相關預算執行以減低病蟲害影響。

九、 結論

- (一) 長程目標應在於林相更新考量及抗病植株選植，短程目標在於減緩擴散及移除罹病樹木。
- (二) 受限於現有技術，後續可邀請國內外相關人員進行資訊交流。
- (三) 白僵菌使用量及傳播方式應詳細評估。
- (四) 依據今年成果及天牛習性，應於每年 2 月底前完成菌種注射及灌注等預防作業。
- (五) 廠商應配合本處今年之標定及伐除工作，伐除樹木可以堆置及黑布覆蓋方式處理。
- (六) 廠商應針對樹木預防及天牛誘殺等研擬後續工作項目及經費估算，交由本處評估並編列相關預算。

十、 散會（16：00）。

### 附錄三、 期末審查意見回覆表

委員	委員意見	回覆意見
鐘委員立偉	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 成果報告請依管理處相關規定，增加摘要等章節，俾利政府資訊公開及資料檢索使用，另計畫執行過程若有相關照片或影音圖像，建議應提供委辦機關作為新聞或成果發佈。</li> <li>2. 在防治系統監測體系方面，透過核密度分佈圖，確實可以看出蟲害蔓延問題仍在持續，惟對於中山林內松樹分佈情形或樹種組成等基本資料，建議均應納入說明。</li> <li>3. 報告書第 39 頁，提及罹病情形漸緩，與颱風「影」響所致，除錯別字外，是否指林木被颱風吹倒後，就無法看出是否罹病？但 P70 颱風肆虐後大量風倒木產出，造成松斑天牛大發生導致病害加劇，論述有些衝突，建議說法或論述方式可再調整。</li> <li>4. 透過分析是否可算出蟲害擴散率？或就中山林內若未有效防治，松樹悉數生病的可能時間？藉以作為管理處或相關單位爭取相關經費之立論依據。</li> <li>5. P39 頁，最後一段，病情尚未有「進」展，錯別字。</li> <li>6. 就經營管理面而言，應避免林木倒伏可能的危害問題，建議罹病樹木應予以標注或訂定疫病處理標準作業程序。</li> <li>7. 計畫回歸到最後，抓蟲的防治方式可能是比較務實且方便的方法，市面上是否有規格化商品，還是得讓管理單位依建議內容進行調配，建議應有具體建議內容。</li> <li>8. 為避免感染林木持續擴散，</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案報告內容撰寫格式會依委員建議修正及補充。</li> <li>2. 本案報告內容撰寫格式會依委員建議修正及補充。</li> <li>3. 會依委員建議修正。</li> <li>4. 經 5 次空拍，本案目前清楚掌握松材線蟲擴散方向和速度，其干擾因子有二，分別為颱風風倒樹及罹病樹砍伐標定，日後持續進行風倒樹數量分析及砍伐後標定工作。</li> <li>5. 會依委員建議修正。</li> <li>6. 本案成果報告會以未來持續研究建議及防治實務 SOP 方向補充於報告書中。</li> <li>7. 本案食物誘引劑固型劑研發，將揮發速率降低，故成本可再降低。今年成果為聚集費洛蒙配方研發成功，揮發時間從 1 個月可延長 3-4 個月。如何誘引松斑天牛技術已完成，利用松斑天牛將白僵菌和 EV 菌帶出作為防治人不可及之處，是明年防治策略，大量誘殺松斑天牛可降低族群，松斑天牛會在健康松樹活動，產卵時以染病松樹為主，本案報告書第三區、第四區松斑天牛數量不少，需加強注意。</li> <li>8. 會依委員建議修正及補充。另有關砍伐後松樹掩埋土中是否松斑天牛有機會再出來，會協助查詢相關資訊提供管理處參考。</li> <li>9. 會依委員建議修正。</li> <li>10. 感謝委員指教</li> </ol>

	<p>伐除後松樹處理建議，於報告結論時應予以建議。</p> <p>9. 報告內容應有松材線蟲生活史或地區生長週期資料，並策定基本防治策略建議，若有長期監測或整合其他單位需求，則請執行單位建立制式表單，供長期監測使用。</p> <p>10. 過往金管處委託張永仁調查的昆蟲相計畫，是否有發現松斑天牛，若無，本項計畫發現天牛應納入名錄。</p>	
楊秘書恭賀	<p>1. 因地緣關係金門與大陸相近，故金門松材線蟲應與福建關聯較大，請補充相關資訊。</p> <p>2. 建議本案除中山林外亦將全縣一併納入防治工作。</p>	<p>1. 會依委員建議修正及補充。</p> <p>2. 本案計畫內容範疇以中山林為主，建議管理處與縣府有一防治聯席會議。目前松材線蟲影響為重大議題，日後防治目標主要以抑制松斑天牛數量，待誘引劑有效距離估算結果，可讓防治效果更有效率。</p>
楊主任東霖	<p>1. 有關松材線蟲防治應全面性以全島防治為主。</p> <p>2. 本案日後防治策略以松斑天牛帶菌作為媒介，為不失省錢經濟方法，可補充於報告中作建議。</p>	<p>1. 有關本島松樹納入防治，可於聯席會議提出。另有關防治策略擬訂會補充於報告書中。</p> <p>2. 會依委員建議修正及補充。</p>
陳課長玉成	<p>1. 請問中山林松樹得病是否有大、小之分？小的松樹如已有抗體，可以疏伐以利成長作為防治措施。</p> <p>2. 本案未來防治將 EV 菌由松斑天牛攜帶，如中山林可及性高可否由人為處理？</p>	<p>1. 大小樹有抗病單株篩選，需長期監測，建議朝森林管理方向，建議症狀一發生立即伐除，搭配苗木植栽種植。EV 菌散播利用松斑天牛攜出，一層漏斗寶特瓶誘蟲器可將 EV 菌放於底層，誘引來的松斑天牛會沾黏 EV 菌，活動於松斑天牛氣孔末端的松材線蟲，天牛一飛出，在樹梢末端取食時，松材線蟲從氣孔出來將 EV 菌帶入樹松汁管裡，EV 菌在樹中存活下來，故藉由松斑天牛傳播可散播範圍廣泛。</p> <p>2. 有關由松斑天牛將 EV 菌攜出可</p>

		行性,已建立基礎,可進行作業,誘引劑亦研發成功,相關成本建議表及防治處理會評估,另對岸處理松材線蟲方式會納入報告書中作為長期防治參考。
邱課長天火	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告書中請將9月25日於林試所工作會議紀錄納入報告中。</li> <li>2. 報告書中地點金門縣部分請修正為金門國家公園。</li> <li>3. 有關明年度防治工作,建議將研擬後續之工作項目及預算編列等納入報告書中以作為持續防治依據。</li> <li>4. P31 空拍時間請修正。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依工作會議紀錄將資料補充於報告書中。</li> <li>2. 會依委員建議修正。</li> <li>3. 明年度防治策略以全島防治為主,由松班天牛將EV菌、BB菌攜出傳播,以達永續性防治符合生態環境。</li> <li>4. 會依委員建議修正。</li> </ol>



## 參考資料

1. 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。
2. 曾顯雄、顏志恆。1989。台灣松材線蟲萎凋病之發生及其防治。植物線蟲病害防治研討會專集。15-32 頁。
3. 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。
4. 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。63-90 頁。
5. 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。
6. 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。
7. 楊平世。2009。台灣生物防治的發展。科學發展 444：14-21。
8. 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.
9. 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.
10. Grenander, U., & Rosenblatt, M.. 1956. Some problems in estimating the spectrum of a time series. In *Proceedings of the Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Contributions to the Theory of Statistics*. The Regents of the University of California.
  11. 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.
  12. 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.
  13. Parzen, E. .1962. On estimation of a probability density function and mode. *The annals of mathematical statistics*,33(3), 1065-1076.
  14. 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.
  15. 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.
  16. Tzean, S. S., and J. Y. Liou. 1993. Nematophagous resupinate basidiomycetous fungi. *Phytopathology* 83:1015-1020.
  17. 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.
18. 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).
  19. Teale, S. A., J. D. Wickham, F. Zhang, J. Su, Y. Chen, W. Xiao, L. M. Hanks, J. Millar 2011, A mail-produced aggregation pheromone of *Monochamus alternates* (Coleoptera: Cerambycidae), a major vector of pine wood nematode. J. Econ. Entomol. 104(5): 1592-1598.
  20. 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.
  21. 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)