

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（107年度）

# 107 年金門國家公園 松材線蟲萎凋病防治計畫

金門國家公園管理處委託辦理計畫報告

中華民國 107 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

# 107 年金門國家公園 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 107 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

# 目錄

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 .....	3
第二章、	重要工作項目及實施方法 .....	5
第一節、	松材線蟲萎凋病監測體系及擴散模式分析 .....	5
一、	罹病受害區域基線調查與罹病木標定 .....	5
二、	研析罹病受害區域特性及擴散方向分析 .....	6
第二節、	以生物防治技術控制罹病區域 .....	9
一、	費洛蒙生物防治技術子計畫 .....	9
二、	應用真菌性天敵生物防治技術子計畫 .....	11
第三節、	蒐集中國福建省松材線蟲萎凋病防治之相關文獻資料 .....	14
第三章、	結果.....	15
第一節、	松材線蟲萎凋病監測體系及擴散模式分析 .....	15
一、	罹病受害區域基線調查與罹病木標定 .....	15
二、	研析罹病受害區域特性及擴散方向分析 .....	16
第二節、	以生物防治技術控制罹病區域 .....	19
一、	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 .....	19
二、	應用真菌性天敵防治松材線蟲及松斑天牛 .....	21
三、	枯死濕地松木片浸出線蟲之檢測 .....	54
第三節、	歷年伐除罹病木之影響 .....	58
第四節、	蒐集國內外松材線蟲萎凋病防治之相關文獻資料 .....	61
一、	罹病木處理原則.....	61
二、	中國福建省松材線蟲萎凋病防治案例.....	63
第四章、	期中審查會議紀錄及委員意見回覆表 .....	68
第五章、	工作會議記錄.....	71
第六章、	期末審查會議紀錄及委員意見回覆表 .....	73
第七章、	結論與建議.....	76
第一節、	結論.....	76
第二節、	建議.....	76
參考資料.....		78



## 圖目錄

圖 1、金門縣國家公園中山紀念林中松材線蟲之危害熱區(黃色區域)。 (資料來源：本調查自製).....	10
圖 2、2018 年 3 月 6 日起於金門縣國家公園中山紀念林中松材線蟲之 危害熱區大量誘捕松斑天牛之 50 組誘蟲器設置圖。(資料來源：本 調查自製).....	10
圖 3、歷年注射位置，黃點為 105 年(2016)、紫點為 106 年(2017)、藍 點為 107 年(2018)。(資料來源：本調查自製).....	12
圖 4、2018 年 11 月金門國家公園空照圖。(資料來源：本調查自製) .....	15
圖 5、2018 年 11 月中山林罹病樹木核密度分佈圖。(資料來源：本調 查自製).....	18
圖 6、2016~2018 年中山林區罹病樹木核密度變化。(資料來源：本調 查自製).....	18
圖 7、2016 年注射結果圖(資料來源：本調查自製).....	22
圖 8、2016 年注射結果圖(資料來源：本調查自製).....	23
圖 9、防治試驗區及對照樣區。(資料來源：本調查自製).....	50
圖 10、2018 年 4 月，對照樣區一(資料來源：本調查自製).....	51
圖 11、2018 年 11 月，對照樣區一(資料來源：本調查自製).....	51
圖 12、2018 年 4 月，對照樣區二(資料來源：本調查自製).....	52
圖 13、2018 年 11 月，對照樣區二(資料來源：本調查自製).....	52
圖 14、2018 年 4 月，對照樣區三(資料來源：本調查自製).....	53
圖 15、2018 年 11 月，對照樣區三(資料來源：本調查自製).....	53
圖 16、標號 7036 濕地松萎凋病株所檢出尚未成熟之松材線蟲。.....	56
圖 17、標號 7036 濕地松萎凋病株所檢出成熟之松材線蟲雄蟲全隻樣貌 .....	56
圖 18、標號 7036 濕地松萎凋病株所檢出成熟腐生性線蟲全隻樣貌..	57
圖 19、標號 7094 濕地松萎凋病株所檢出成熟寄生性線蟲全貌。.....	57
圖 20、2015~2018 年伐除樹木位置。(資料來源：本調查自製).....	58
圖 21、2017 年伐除樹木及罹病樹木位置(資料來源：本調查自製)...	59
圖 22、2018 年伐除樹木及罹病樹木位置(資料來源：本調查自製)...	59
圖 23、2016 年伐除作業前(A)、後(B)核密度圖(資料來源：本調查自製) .....	60
圖 24、2017 年伐除作業前(A)、後(B)核密度圖(資料來源：本調查自製) .....	60
圖 25、2018 年伐除作業前(A)、後(B)核密度圖(資料來源：本調查自製) .....	60

圖 26、誘捕器 ZM-80B 型.....	64
圖 27、誘捕器掛設於樹冠層.....	64
圖 28、誘捕器掛設於樹冠層.....	65
圖 29、誘捕器抓到之松斑天牛.....	65
圖 30、於福建農林大學進行交流參訪.....	66
圖 31、於福州現地進行防治松斑線蟲萎凋病之交流.....	66
圖 32、於福州現地進行防治松斑線蟲萎凋病之交流.....	67

## 表目錄

表 一、利用松斑天牛複合式誘引劑於 107 年 3 月 6 日至 9 月 3 日，在金門縣國家公園中山紀念林中，松材線蟲危害熱點約 3 公頃的松樹林設置 50 個誘蟲器大量誘捕松斑天牛。.....	20
表 二、2016 年注射結果表.....	21
表 三、2017 年注射結果表.....	23
表 四、2018 年 6 月及 11 月觀察照.....	25
表 五、金門國家公園中山林枯死濕地松木片浸出線蟲之檢測.....	55

## 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。處理位置參考 106 年的調查結果，選定一處罹病熱區 II-1 區進行優先防治。截至 11 月觀察為止，可以看到第一區及第三區的罹病木密度有增加之趨勢，第四區密度有趨緩，但是分布範圍為變大，成為較零星的分佈。於 II-2 區設置之 50 組誘蟲器在五月至九月間共抓捕到 180 隻松斑天牛，在同區進行 100 株松樹之樹木灌注，於三月、六月及十一的平均罹病度分別為 8.26%、6.26% 及 18.37%，死亡率為 24%，緊鄰之對照樣區的死亡率則較防治區域低，為 22% 及 2%，較遠之對照樣區死亡率較高，為 29%。

## 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台北縣金山、石門，以及桃園縣之虎頭山、忠烈祠、慈湖一帶被發現，其後經二年之調查發現北部十九處皆有發生，歷經十二年來傳播蔓延，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。

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、黑松、琉球松，在感染得病後所呈現之徵狀和病勢進展過程也和日本、美國所報導者極其略似，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）。

松材線蟲主要存活於松樹枝幹之松脂導（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、氣室攜帶大量的松材線蟲，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，移到腹部體節末端處，然後脫離昆蟲體表，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導中，兩天後脫皮變成蟲，即可取食松脂導之上皮細胞 (epithelial cell) 或鄰近之薄壁細胞，且分泌化學物質毒害松樹。松材線蟲的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，五天就可蛻皮成成蟲，約 6 至 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，且分散全株，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遽，有毒代謝物質開始累積，如 Benzoic acid，8-Hydroxycarvotanacetone 等，將加速松針紅棕色化並萎凋死亡(曾顯雄、朱耀沂 1986；曾顯雄、顏志恒 1989；曾顯雄 2011；曾顯雄 2015)。

## 第二節、現況分析與課題探討

金門國家公園中山紀念林是金門著名的遊憩休閒景點，林區內擁有許多珍貴的松樹，但自 103 年起中山紀念林區之黑松、濕地松因罹患松材線蟲，造成多株松樹陸續萎凋枯死。金門國家公園管理處自 106 年 9 月起，開始於中山林內進行相關調查，首先利用空照圖建立松材線蟲萎凋病的防治監測體系，後續發展松材線蟲萎凋病生物防治技術，及利用應用真菌性天敵防治松材線蟲及松斑天牛。透過 106 年之計畫，已確認中山林內之松材線蟲萎凋病擴散模式，以及後續優先防治之區域，目前已確認中山林區域之天牛發生期，在每年 4 月開始羽化，六到七月為高峰期，九月後天牛數量趨緩。依照上述時間，在四月前架設使用食物誘引劑並搭配費洛蒙所製成的大型單層漏斗型寶特瓶誘蟲器來誘捕松斑天牛，再配合應用真菌性天敵，達到控制松材線蟲

萎凋病擴散之目的。今年之防治策略，將運用此兩項方法，針對優先防治區域重點施作，以控制病情的擴散，並持續以空照圖分析後續之防治成效。另一方面，將蒐集中國福建省松材線蟲萎凋病防治的相關資料，並派員至福州實地考察當地防治之方法及成效。希望能用做金門當地防治松材線蟲萎凋病之參考。



## 第二章、重要工作項目及實施方法

本年度依據工作內容區分為二項：

第一項：松材線蟲萎凋病監測體系及擴散模式分析

第二項：以生物防治技術控制罹病區域

本項共包含二個子計畫→

(I) 費洛蒙生物防治技術子計畫

(II) 應用真菌性天敵生物防治技術子計畫

### 第一節、松材線蟲萎凋病監測體系及擴散模式分析

#### 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：

(一)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。

(二)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。

(三)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 107 年度預計進行空拍兩次，並以 105 年至 106 年金門國家公園松樹松材線蟲防治計劃中的中山林空拍資料做為參考，結合本年度空拍資料後進行分析，本次空拍時間如下：

1. 107 年 4 月 11 日

參考 105~106 年之空拍影像，建立罹病受害情形之基線資料，作為監測比較之基礎，以本年度空拍影像了解罹病木最新分布位置，作為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、以生物防治技術控制罹病區域

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中山林區的活動情形，並使用松斑天牛寄生性真菌及松材線蟲病原菌天敵進行防治。同時使用松斑天牛食物誘引劑及費洛蒙誘引劑搭配松斑天牛乾式誘蟲器，做為松材線蟲萎凋病生物防治使用。

### 一、費洛蒙生物防治技術子計畫

#### 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 2018 年 3 月 6 日至 2018 年 9 月 3 日，在金門縣國家公園中山紀念林之松樹林，松材線蟲危害較為嚴重區(圖 1)進行大量誘捕松斑天牛。其位置約於去年第二區旁之松材線蟲危害熱點區，面積約為 26397 平方公尺，總共設置 50 個含松斑天牛複合式誘引劑之大型單層漏斗型寶特瓶誘蟲器，位置如圖 2。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)懸掛於環保蓋(17.9 公分)，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。每 4 週調查一次，並檢視各處理誘得的松斑天牛雌、雄數目，每 12 周更換食物誘劑及聚集費洛蒙誘餌。

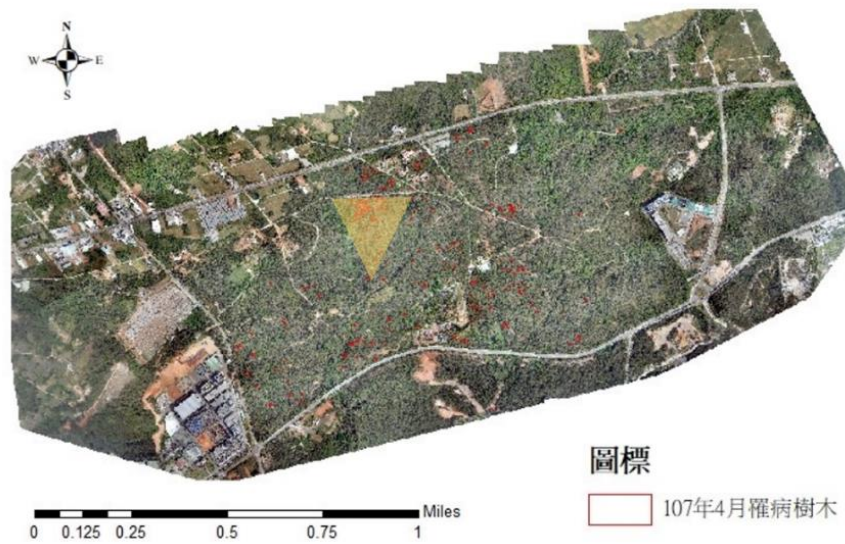


圖 1、金門縣國家公園中山紀念林中松材線蟲之危害熱區(黃色區域)。(資料來源：本調查自製)

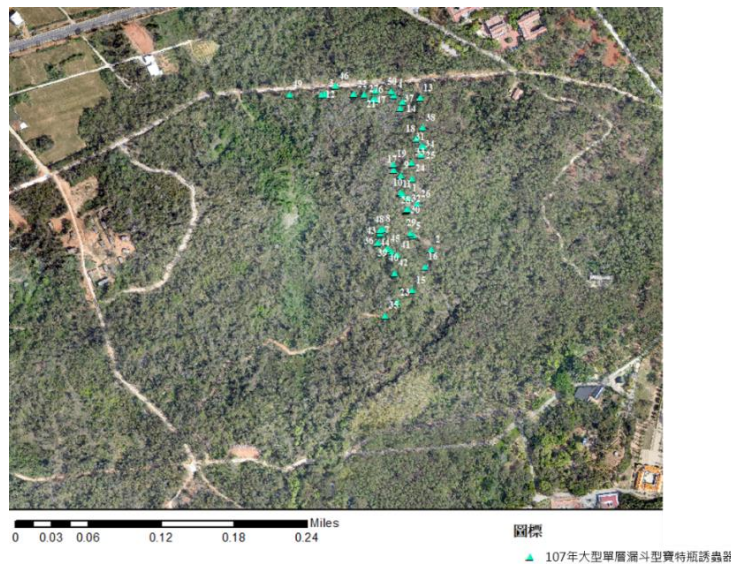


圖 2、2018 年 3 月 6 日起於金門縣國家公園中山紀念林中松材線蟲之危害熱區大量誘捕松斑天牛之 50 組誘蟲器設置圖。(資料來源：本調查自製)

## 二、 應用真菌性天敵生物防治技術子計畫

### 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)。

本子計畫應用松材線蟲寄生真菌性天敵之新屬新種葉氏菌 (*Esteya vermicola*)(曾顯雄等 2005; Liou *et al.*, 1999; Tzean *et al.*, 2001, 2002, 2005)，並配合可協同寄生於媒介昆蟲松斑天牛之白殭菌 (*Beauveria bassiana*) (Tzean *et al.*, 1997)，處理防治入侵金門國家公園中山林區黑松、琉球松、濕地松林之松斑天牛及松材線蟲 (曾顯雄. 2011; 曾顯雄等, 2005; Liou *et al.*, 1999; Tzean *et al.*, 2002-2005)。

在本報告中亦會就 105 年及 106 年所施作的注射處裡進行後續追蹤。105 年共有七處理(A~G)，106 年共有八處理(A~H)，歷年注射位置如圖 3，各處理代號內容如下：

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)

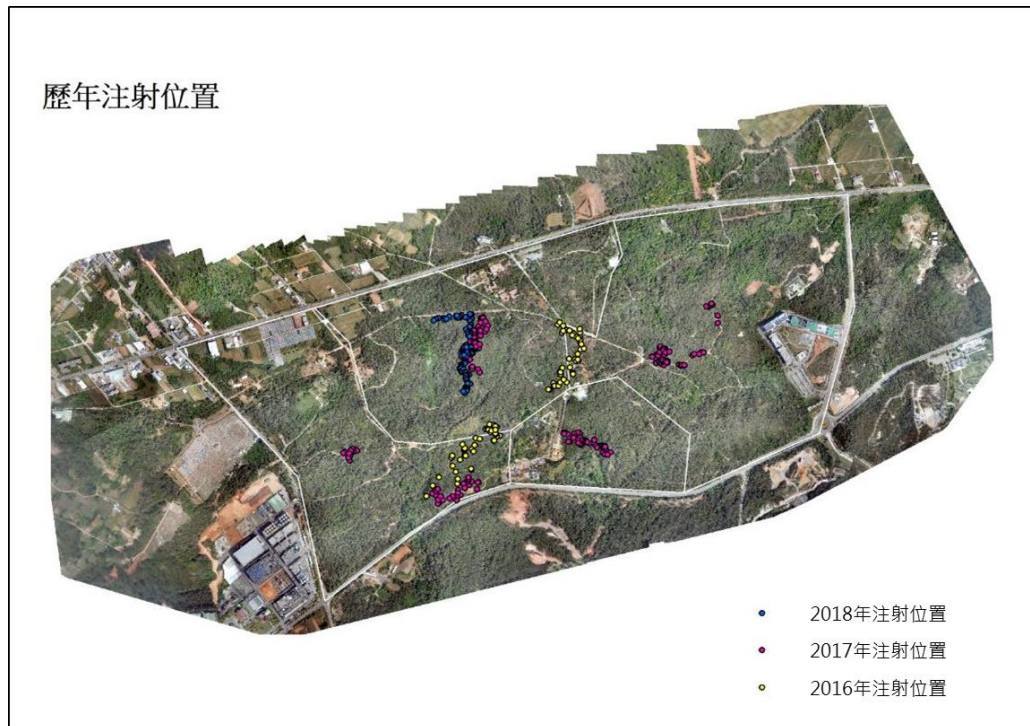


圖 3、歷年注射位置，黃點為 105 年(2016)、紫點為 106 年(2017)、藍點為 107 年(2018)。(資料來源：本調查自製)



## (一). 田間設計

以 2016~2018 年金門國家公園松樹松材線蟲防治計畫中所拍攝的中山林區罹患松材線蟲萎凋病之空照圖資料，配合地面每木調查相互比對，標定發病熱點 (hot spot) 區域，並以連續期間之核密度分布資料劃定 2018 年度之優先防治區域 II-1 區，於該區域進行樹木注射之防治作業。選定罹病熱區周邊進行樹木注射，以包圍罹病熱區的方式形成包圍帶，抑制罹病區域範圍的大小。防治處理是以高壓灌注器灌注松材線蟲寄生菌葉氏菌 (*Esteya vermicola*) 及媒介昆蟲松斑天牛寄生菌白殭菌 (*Beauveria bassiana*) 之混合菌液。共選擇 100 株圍繞 II-2 區之濕地松樹以供試驗。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。於本年度十一月空拍完成後，將在注射試驗區域四周選定對照樣區，隨機挑選樹木，並計算從四月至十一月間對照樣區及試驗樣區的罹病率，以供後續之成效分析。

## (二). 調查方法

藥劑灌注完成後，於上下半年進行觀察至少一次，並進行影像攝影及紀錄。依下列公式算出罹病度：

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

### (三). 資料分析

以不同時間之觀察結果進行顯著性分析，若達顯著水準，則利用 Dunnett 法進行多重比較分析檢定。

### 第三節、蒐集中國福建省松材線蟲萎凋病防治之相關文獻資料

藉由文獻蒐集，並參考中國福建省防治松材線蟲萎凋病的標準處理作業及相關規範，研析其中可適用於金門的方法，提供給機關進行日後防治策略之依據。並派員至福州進行現地考察及交流，了解當地防治之成效及相關發展。

### 第三章、結果

#### 第一節、松材線蟲萎凋病監測體系及擴散模式分析

##### 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，並將中山林相關資訊匯入圖中，以利後續分析，2018 年 11 月之空拍圖見下圖 4。進一步標定罹病木分布及罹病受害區域資訊。

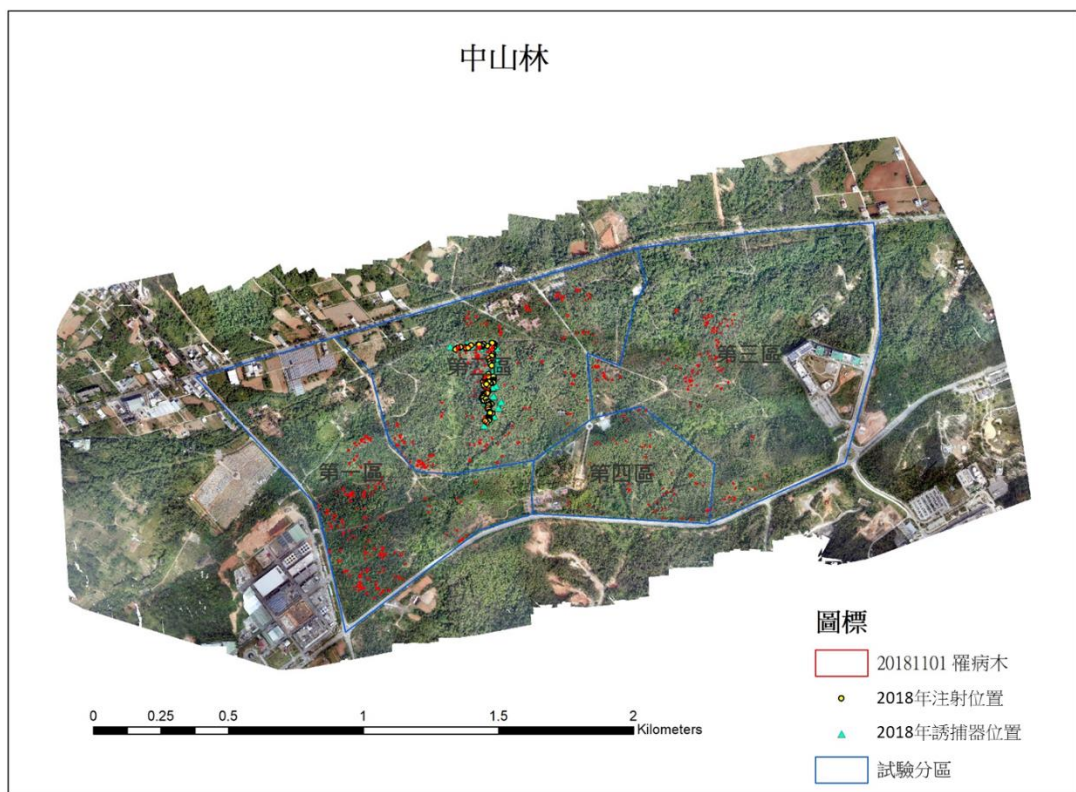


圖 4、2018 年 11 月金門國家公園空照圖。(資料來源：本調查自製)

## 二. 研析罹病受害區域特性及擴散方向分析

於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。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。

利用核密度推估法對本次空照圖之結果進行地理分布分析後，將歷年累積的罹病群聚區域及罹病擴散之方向性情形標示如圖 5。方法為將中山林以 10 公尺乘 10 公尺之網格劃分後，進行單位網格分析，越偏紅色的網格即代表歷年出現罹病木之頻率越高；再以本次空照圖的資料為基礎，繪製中山林地區 2018 年 11 月時罹病樹木的核密度分布圖（圖 5）。根據核密度分布圖可標示出 2018 年 11 月期間罹病較嚴重之熱區。可以看到罹病木較集中之區域在第一、二、三區，而在第四區則分布較零星。

而在圖 6 中則可以看到歷年之罹病木核密度變化，2016 年 7 月到 11 月間，管理處周遭的罹病木密度上升，乳山遊客中心周遭罹病木轉為零星分布，不過該年結果遭受颱風干擾，可能造成一定之誤差。隔年 2017 年 4 月，各區罹病木密度上升，而在經過注射及誘蟲器設置後，2017 年 11 月，一、三、四區罹病木密度下降，管理處周遭密度無明顯變化。隔年 2018 年 4 月，一、三、四區罹病木密度些微上升，該年針對第二區罹病木集中之區域進行施作，可看到 11 月時第二區周遭之罹病木尚無明顯之擴散。而一、四區內則有兩處罹病木密度上升，兩處轉為零星之分布。

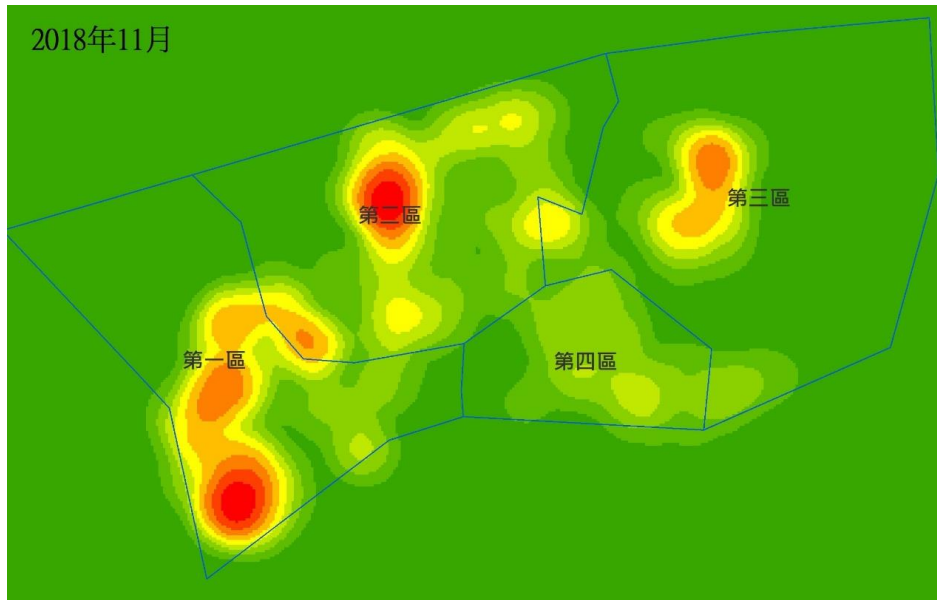


圖 5、2018 年 11 月中山林罹病樹木核密度分佈圖。(資料來源：本調查自製)

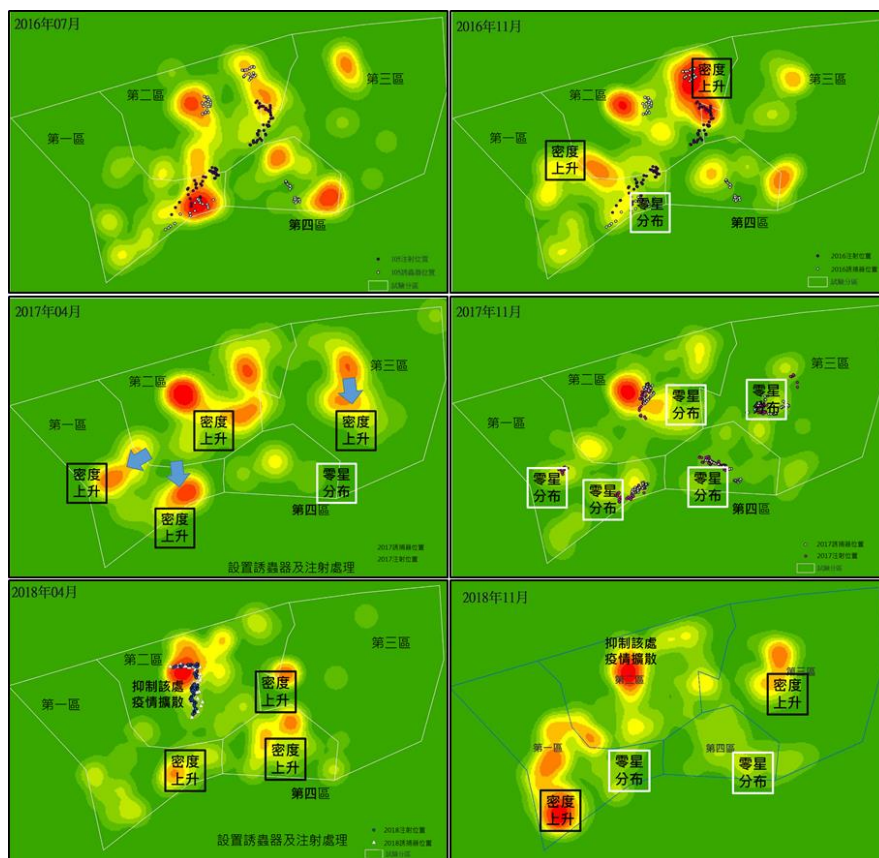


圖 6、2016~2018 年中山林區罹病樹木核密度變化。(資料來源：本調查自製)

## 第二節、以生物防治技術控制罹病區域

### 一. 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 2018 年 3 月 6 日至 2018 年 9 月 3 日，在金門縣國家公園中山紀念林之松樹林中，松材線蟲危害熱點區進行利用複合式誘引劑大量誘捕松斑天牛。於 4 月份無誘捕紀錄；5 月份逢金門淹水，至 6 月份 50 個大型單層漏斗型寶特瓶誘蟲器共誘捕 126 隻松斑天牛，其中 75 隻為雌蟲，37 隻為雄蟲，14 隻無法辨識；7 月份共誘捕 47 隻松斑天牛，其中 16 隻為雌蟲，6 隻為雄蟲，25 隻無法辨識。9 月份共誘捕 7 隻松斑天牛，其中 2 隻為雌蟲，2 隻為雄蟲，3 隻無法辨識。3 月至 9 月共誘捕 180 隻松斑天牛，其中 93 隻為雌蟲，45 隻為雄蟲，42 隻無法辨識。結果見表 一

結果顯示松斑天牛於 3 月初至 4 月初還未羽化，多於 4 月初至 5 月初、5 月初至 6 月初羽化，大量發生期在 5 月至 7 月，而在 9 月時數量趨緩。

表一、利用松斑天牛複合式誘引劑於 107 年 3 月 6 日至 9 月 3 日，  
 在金門縣國家公園中山紀念林中，松材線蟲危害熱點約 3 公頃的松樹  
 林設置 50 個誘蟲器大量誘捕松斑天牛。

害蟲名稱	3-4 月	5-6 月	7 月	9 月	Total
松斑天牛	0	126 (75♀37♂14X <sup>2)</sup> )	47 (16♀6♂25X)	7 (2♀2♂3X)	180 (93♀45♂42X)
姬天牛	-- <sup>1)</sup>	5	2	1	8
象鼻蟲	--	103	11	1	115
金龜	--	9	1	0	10
黃斑椿象	--	0	3	2	5
叩頭蟲	--	2	0	0	2
蟬	--	3	7	1	11

1) 未紀錄。

2) 無法辨識，只剩下翅膀或頭，無尾不可供解剖

(資料來源：本調查自製)



## 二. 應用真菌性天敵防治松材線蟲及松斑天牛

### (一)2016 年度防治處理

2016 年所注射的各防治處理，於 2018 年 11 月再次進行觀察，其結果如下表及圖所示，可看到在經過兩年的時間後，各處理的罹病度均有下降之趨勢，但是 G 處理(對照組)之結果並無如預期般的上升，推測可能為該年度的強烈颱風對試驗結果造成了一定的干擾。

表 二、2016 年注射結果表

防治處理	2016/12/1	2016/12/21	2017/1/20	2017/2/13	2017/5/8	2017/8/30
A	29.17% <sup>b</sup>	29.17% <sup>bc</sup>	27.08% <sup>b</sup>	29.17% <sup>b</sup>	18.33% <sup>b</sup>	25.00% <sup>a</sup>
B	31.25% <sup>b</sup>	27.08% <sup>bc</sup>	27.08% <sup>b</sup>	27.08% <sup>b</sup>	15.00% <sup>b</sup>	21.67% <sup>a</sup>
C	37.50% <sup>ab</sup>	29.17% <sup>bc</sup>	35.42% <sup>ab</sup>	37.50% <sup>ab</sup>	21.67% <sup>b</sup>	30.00% <sup>a</sup>
D	31.25% <sup>b</sup>	25.00% <sup>c</sup>	29.17% <sup>b</sup>	29.17% <sup>b</sup>	21.67% <sup>b</sup>	21.67% <sup>a</sup>
E	37.50% <sup>ab</sup>	31.25% <sup>bc</sup>	43.75% <sup>a</sup>	41.67% <sup>ab</sup>	21.67% <sup>b</sup>	31.67% <sup>a</sup>
F	41.67% <sup>ab</sup>	39.58% <sup>ab</sup>	33.33% <sup>ab</sup>	33.33% <sup>ab</sup>	23.33% <sup>b</sup>	23.33% <sup>a</sup>
G	45.83% <sup>a</sup>	45.83% <sup>a</sup>	43.75% <sup>a</sup>	45.83% <sup>a</sup>	36.67% <sup>a</sup>	30.00% <sup>a</sup>

防治處理	2017/9/30	2017/10/30	2018/11/15
A	20.00% <sup>b</sup>	20.83% <sup>ab</sup>	12.50% <sup>a</sup>
B	18.33% <sup>b</sup>	16.67% <sup>b</sup>	20.67% <sup>a</sup>
C	31.67% <sup>a</sup>	30.00% <sup>a</sup>	28.67% <sup>a</sup>
D	23.33% <sup>ab</sup>	21.67% <sup>ab</sup>	18.00% <sup>a</sup>
E	30.00% <sup>a</sup>	30.83% <sup>a</sup>	11.67% <sup>a</sup>
F	23.33% <sup>ab</sup>	20.00% <sup>ab</sup>	10.00% <sup>a</sup>
G	25.00% <sup>ab</sup>	28.33% <sup>ab</sup>	21.00% <sup>a</sup>

1) LSD All-Pairwise Comparisons Test

(資料來源：本調查自製)

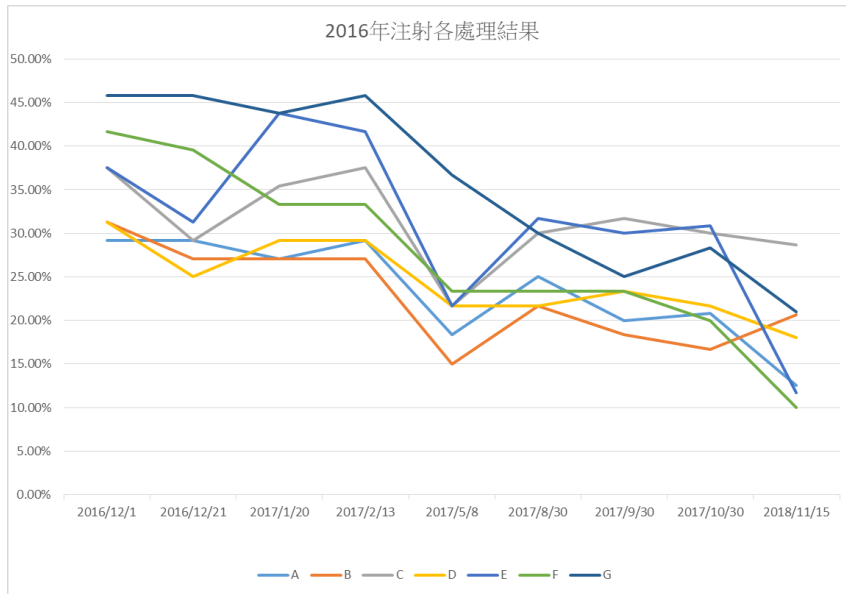


圖 7、2016 年注射結果圖(資料來源：本調查自製)

## (二)2017 年度防治處理

2017 年所注射的各防治處理，於 2018 年 11 月再次進行觀察，其結果如下表及圖所示，經過一年的觀察期後，除對照組外之各處理均有下降之趨勢，而對照組 G(無任何處理)的罹病度較其餘處理組高，顯示各處理組有達到一定成效。

表 三、2017 年注射結果表

防治處理	2017/8/30	2017/9/30	2017/10/30	2018/11/15
A	28.33% <sup>a</sup>	30.00% <sup>a</sup>	30.42% <sup>a</sup>	31.50% <sup>a</sup>
B	24.17% <sup>a</sup>	27.50% <sup>a</sup>	29.58% <sup>a</sup>	20.83% <sup>b</sup>
C	25.83% <sup>a</sup>	30.83% <sup>a</sup>	31.25% <sup>a</sup>	21.67% <sup>b</sup>
D	25.83% <sup>a</sup>	28.33% <sup>a</sup>	32.50% <sup>a</sup>	23.33% <sup>ab</sup>
E	25.00% <sup>a</sup>	29.17% <sup>a</sup>	33.33% <sup>a</sup>	28.33% <sup>ab</sup>
F	20.00% <sup>a</sup>	25.00% <sup>a</sup>	29.58% <sup>a</sup>	26.67% <sup>ab</sup>
G	25.83% <sup>a</sup>	28.33% <sup>a</sup>	29.17% <sup>a</sup>	42.50% <sup>a</sup>
H	20.00% <sup>a</sup>	25.83% <sup>a</sup>	27.92% <sup>a</sup>	20.83% <sup>ab</sup>

### 1)LSD All-Pairwise Comparisons Test

(資料來源：本調查自製)

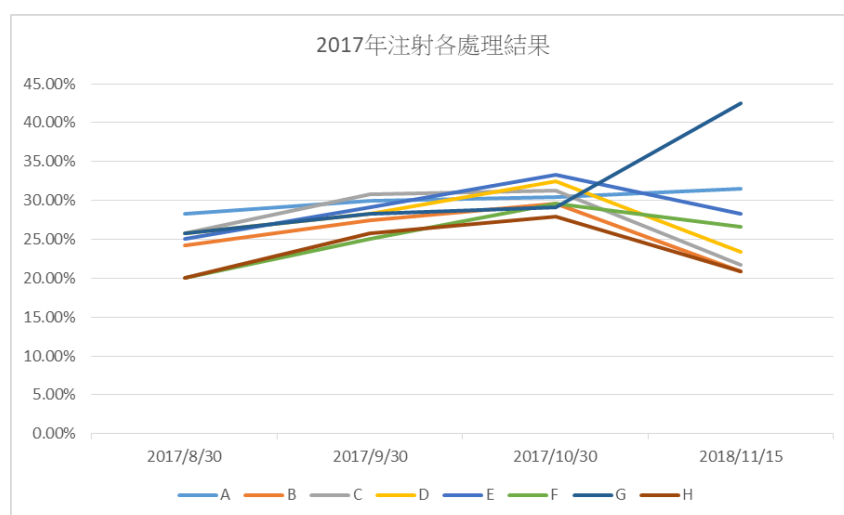


圖 8、2016 年注射結果圖(資料來源：本調查自製)

### (三)2018 年度防治處理

本次處理使用可防治松斑天牛之白殭菌 (BB, *Beauveria basiana*)及可防治松材線蟲之內寄生菌 (EV, *Esteya vermicola*)菌液進行防治作業。









針對優先防治區域 II-2 區進行防治處理，注射樹木選擇圍繞該熱點區域之松樹，以此建立包圍帶，抑制罹病區域的範圍大小。注射松樹位置如圖 4 圖 4、2018 年 11 月金門國家公園空照圖。中之黃點所示。

本防治處理於 2018 年 3 月開始設置，第一次高壓灌注於 3 月 07 日完成，第二次灌注於 3 月 14 日完成，第三次灌注於 3 月 21 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。




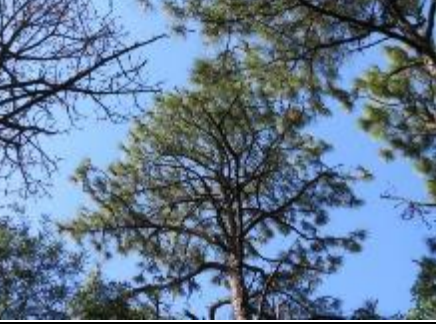




### (四)2018 年度注射試驗後續觀察結果

注射後調查病害程度之進展狀況，2018 年 3 月所觀察之結果，針對 100 棵灌注之松樹計算其罹病度，平均值為 8.25%；2018 年 6 月之觀察結果，平均值為 6.26%；2018 年 11 月之觀察結果，平均值為 18.37%。2018 年 11 月觀察結果照片如表 四：









表 四、2018 年 6 月及 11 月觀察照

7001(6 月)	7002(6 月)
	
7001(11 月)	7002(11 月)
	
7003(6 月)	7004(6 月)
	
7003(11 月)	7004(11 月)
	











7005(6 月)	7006(6 月)
	
7005(11 月)	7006(11 月)
	
7007(6 月)	7008(6 月)
	
7007(11 月)	7008(11 月)
	











7009(6 月)	7010(6 月)
	
7009(11 月)	7010(11 月)
	
7011(6 月)	7012(6 月)
	
7011(11 月)	7012(11 月)
	











7013(6 月)	7014(6 月)
	
7013(11 月)	7014(11 月)
	
7015(6 月)	7016(6 月)
	
7015(11 月)	7016(11 月)
	











7017(6 月)	7018(6 月)
	
7017(11 月)	7018(11 月)
	
7019(6 月)	7020(6 月)
	
7019(11 月)	7020(11 月)
	











7021(6 月)	7022(6 月)
	
7021(11 月)	7022(11 月)
	
7023(6 月)	7024(6 月)
	
7023(11 月)	7024(11 月)
	











7025(6 月)	7026(6 月)
	
7025(11 月)	7026(11 月)
	
7027(6 月)	7028(6 月)
	
7027(11 月)	7028(11 月)
	











7029(6 月)	7030(6 月)
	
7029(11 月)	7030(11 月)
	
7031(6 月)	7032(6 月)
	
7031(11 月)	7032(11 月)
	






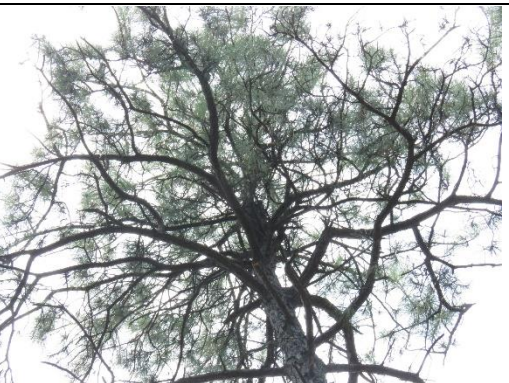




7033(6 月)	7034(6 月)
	
7033(11 月)	7034(11 月)
	
7035(6 月)	7036(6 月)
	
7035(11 月)	7036(11 月)
	











7037(6 月)	7038(6 月)
	
7037(11 月)	7038(11 月)
	
7039(6 月)	7040(6 月)
	
7039(11 月)	7040(11 月)
	











7041(6 月)	7042(6 月)
	
7041(11 月)	7042(11 月)
	
7043(6 月)	7044(6 月)
	
7043(11 月)	7044(11 月)
	











7045(6 月)	7046(6 月)
	
7045(11 月)	7046(11 月)
	
7047(6 月)	7048(6 月)
	
7047(11 月)	7048(11 月)
	











7049(6 月)	7050(6 月)
	
7049(11 月)	7050(11 月)
	
7051(6 月)	7052(6 月)
	
7051(11 月)	7052(11 月)
	











7053(6 月)	7054(6 月)
	
7053(11 月)	7054(11 月)
	
7055(6 月)	7056(6 月)
	
7055(11 月)	7056(11 月)
	











7057(6 月)	7058(6 月)
	
7057(11 月)	7058(11 月)
	
7059(6 月)	7060(6 月)
	
7059(11 月)	7060(11 月)
	











7061(6 月)	7062(6 月)
	
7061(11 月)	7062(11 月)
	
7063(6 月)	7064(6 月)
	
7063(11 月)	7064(11 月)
	











7065(6 月)	7066
	
7065(11 月)	7066(11 月)
	
7067(6 月)	7068(6 月)
	
7067(11 月)	7068(11 月)
	






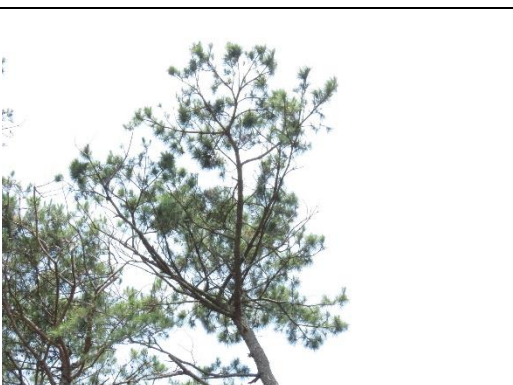




7069(6 月)	7070(6 月)
	
7069(11 月)	7070(11 月)
	
7071(6 月)	7072(6 月)
	
7071(11 月)	7072(11 月)
	











7073(6 月)	7074(6 月)
	
7073(11 月)	7074(11 月)
	
7075(6 月)	7076(6 月)
	
7075(11 月)	7076(11 月)
	











7077(6 月)	7078(6 月)
	
7077(11 月)	7078(11 月)
	
7079(6 月)	7080(6 月)
	
7079(11 月)	7080(11 月)
	











7081(6 月)	7082(6 月)
	
7081(11 月)	7082(11 月)
	
7083(6 月)	7084(6 月)
	
7083(11 月)	7084(11 月)
	











7085(6 月)	7086(6 月)
	
7085(11 月)	7086(11 月)
	
7087(6 月)	7088(6 月)
	
7087(11 月)	7088(11 月)
	











7089(6 月)	7090(6 月)
	
7089(11 月)	7090(11 月)
	
7091(6 月)	7092(6 月)
	
7091(11 月)	7092(11 月)
	



7093(6 月)	7094(6 月)
	
7093(11 月)	7094(11 月)
	
7095(6 月)	7096(6 月)
	
7095(11 月)	7096(11 月)
	



7097(6 月)	7098(6 月)
	
7097(11 月)	7098(11 月)
	
7099(6 月)	7100(6 月)
	
7099(11 月)	7100(11 月)
	

(資料來源：本調查自製)



於試驗區四周劃定三個對照樣區，選取 100、50、100 棵樹木進行死亡率分析，跟試驗區中之死亡率進行對照，分區如圖 9。圖中對照樣區一、二、三及防治樣區中之綠點為健康樹木；紅點為死亡樹木。



圖 9、防治試驗區及對照樣區。(資料來源：本調查自製)

於對照樣區一中選取 100 棵松樹、於對照樣區二中選取 50 棵松樹、於對照樣區三中選取 100 棵松樹，再以本年度四月及十一月之空照圖進行比對，計算對照樣區中松樹之死亡率。結果為：對照樣區一之死亡率為 29%、對照樣區二之死亡率為 22%、對照樣區三之死亡率為 2%，而防治樣區中之死亡率為 24%。該結果顯示距離防治樣區較遠之對照樣區一的死亡率較高，位於防治樣區二上方及右側之對照

樣區二及三，其死亡率低於防治區域，尤其對照樣區三亦為 2017 年處理之區域，死亡率為 2%。顯示防治區上方及右側的注射處理及誘捕器達到一定效果，有抑制松材線蟲萎凋病擴散至周遭區域之成效。

各對照樣區圖如下：



圖 10、2018 年 4 月，對照樣區一(資料來源：本調查自製)



圖 11、2018 年 11 月，對照樣區一(資料來源：本調查自製)





圖 12、2018 年 4 月，對照樣區二(資料來源：本調查自製)



圖 13、2018 年 11 月，對照樣區二(資料來源：本調查自製)





圖 14、2018 年 4 月，對照樣區三(資料來源：本調查自製)



圖 15、2018 年 11 月，對照樣區三(資料來源：本調查自製)

### 三. 枯死濕地松木片浸出線蟲之檢測

前次開會報導 100 棵松樹緊急搶救處理，但仍枯死 16 棵，2018 年 11 月 08 日再次調查後枯死 8 棵，共 24 棵。為証實是否皆可檢出松材線蟲病原，因無生長錐取樣器支援，每棵枯死濕地松以斧頭劈取，採取部分木片。

並將樣品置入 9 公分培養皿，加注適量之白開水，待 4~6 小時後即可檢出游出之線蟲，此次標號 7094 之濕地松除可檢出大量之腐生性線蟲外，也檢出 25 支體軀窄長，體內脂質顆粒體眾多，口針稍長、釘狀，中部食道球不明顯，尾端細長之寄生性線蟲(圖 19)，其特徵和松材線蟲不同，有待更進一步型態或分子鑑定。另一標號 7036 枯死之濕地松則除腐生性線蟲外，可檢出不少疑似松材線蟲之線蟲(圖 16、圖 17)。此外，其他枯死之濕地松只檢出少量腐生性線蟲，有些甚至無線蟲，又有些樣本也有檢測出蠕蟲、扁蟲、草履蟲或輪蟲(表 五)。

表 五、金門國家公園中山林枯死濕地松木片浸出線蟲之檢測

木質部狀態、樣本編號	腐生	寄生	備註
木片淺黑灰色(老)			
7002	5	2	
7015	18	0	1. 草履蟲
7030	0	4	2. 蠕蟲
7036*	≥15	≥19	3. 扁蟲
7075	2	2	4. 輪蟲
7083	6	1	
7084	2	1	
7099	16	0	
木片淺灰棕色(中)			
7029	2	6	
7082	10	1	
7086	2	0	
7091	18	5	
7093	≥45	2	
7094*	45	25	
7098	5	4	
木片橙棕色(青)			
7040	18	0	蠕蟲
7074	14	0	
7080	5	4	
7085	0	0	
7087	35	0	
7092	5	6	
7100	5	0	

\*照相紀錄

(資料來源：本調查自製)



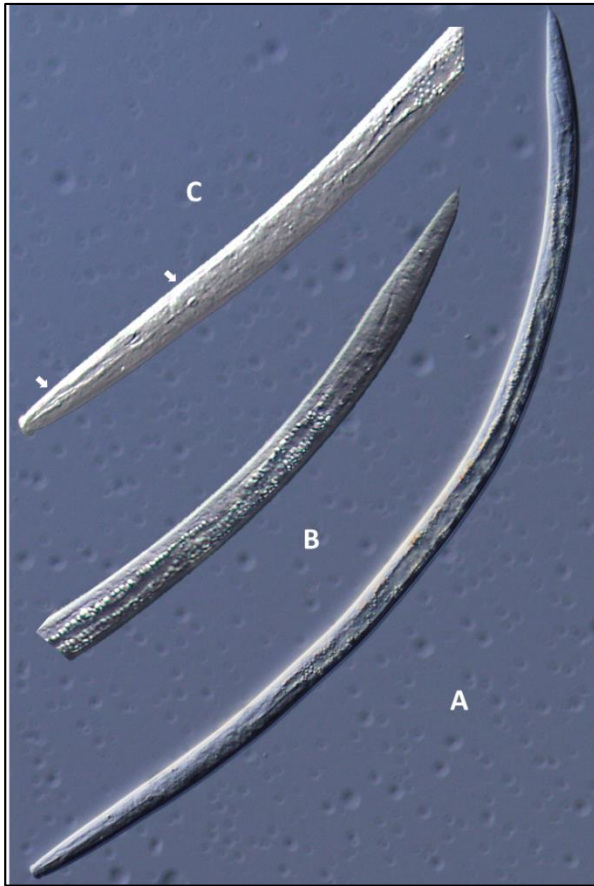


圖 16、標號 7036 濕地松萎凋病株所檢出尚未成熟之松材線蟲。A) 松材線蟲全隻樣貌。B)尾端放大圖，尾端順尖，體內脂質顆粒體眾多。C)頭頸前端放大圖，口針及中部近球形之食道構造明顯可見（白色箭號）。



圖 17、標號 7036 濕地松萎凋病株所檢出成熟之松材線蟲雄蟲全隻樣貌，其尾端呈烏爪狀，隱約可見交接刺，頭頸前端有口針及中部近球形之食道，體內脂質顆粒體眾多。



圖 18、標號 7036 濕地松萎凋病株所檢出成熟腐生性線蟲全隻樣貌，其尾端呈凸尖狀(A)。體軀前端放大圖顯示無口針之圓筒狀口腔，中央食管以基部橢圓近球形之基部食道球 (B)。此種線蟲亦見之於標號 7040 濕地松萎凋病株。



圖 19、標號 7094 濕地松萎凋病株所檢出成熟、體軀窄長，體內脂質顆粒體眾多，口針稍長、釘狀，中部食道球不明顯，尾端細長之寄生性線蟲全貌(A)。松材線蟲全隻樣貌。部份體軀放大，以凸顯釘狀口針(白色箭號)之形態(B)。

### 第三節、 歷年伐除罹病木之影響

金門國家公園於 2015 年起，至 2018 年有定期進行伐除罹病木之作業，如下圖，黃點為歷年伐除之樹木位置。可以看到伐除之區域多集中在第一區的乳山周遭及第二區的露營區、管理處區域周遭。從 2017 年伐除位置來看，當年針對管理處及乳山周遭進行伐除，於該區域內確實將低了該年度的罹病木密度(圖 24)。而到 2018 年，伐除之位置一樣針對管理處及乳山周遭進行，局部區域內之罹病木密度下降，但是其餘區域卻有上升之跡象(圖 25)。從上二圖中可看到，伐除完之乳山周遭區域罹病木密度下降，但是其西側之區域罹病木密度上升，管理處周遭密度大致不變，可能為現地沒有完全伐除乾淨或是伐倒木、枝條沒有完全處理所致。

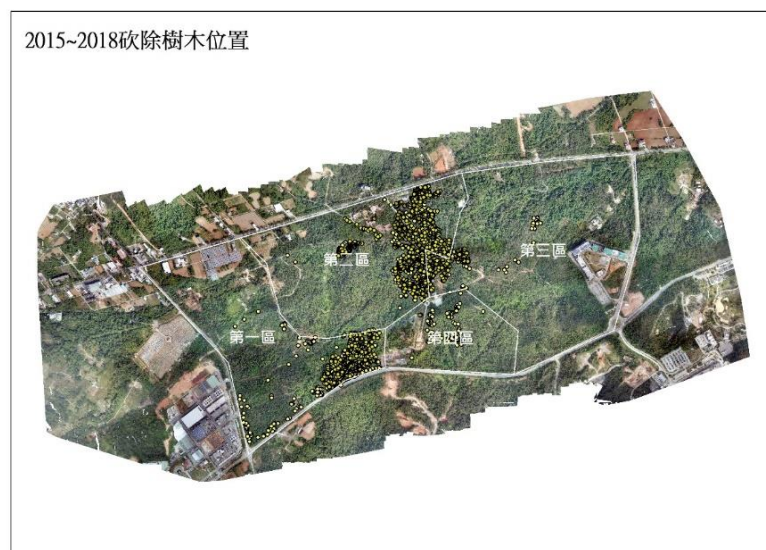


圖 20、2015~2018 年伐除樹木位置。(資料來源：本調查自製)



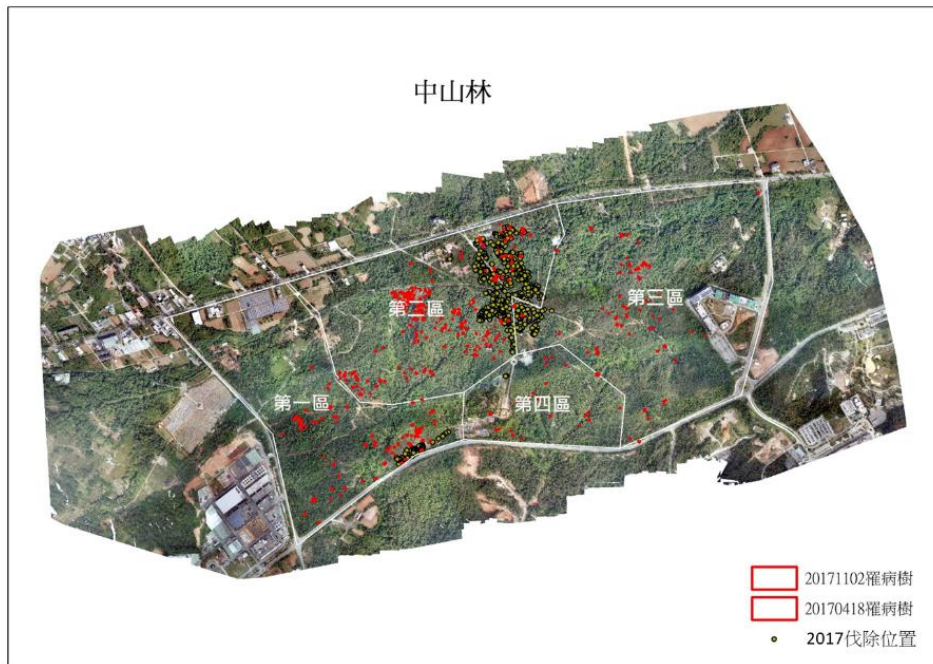


圖 21、2017 年伐除樹木及罹病樹木位置(資料來源：本調查自製)

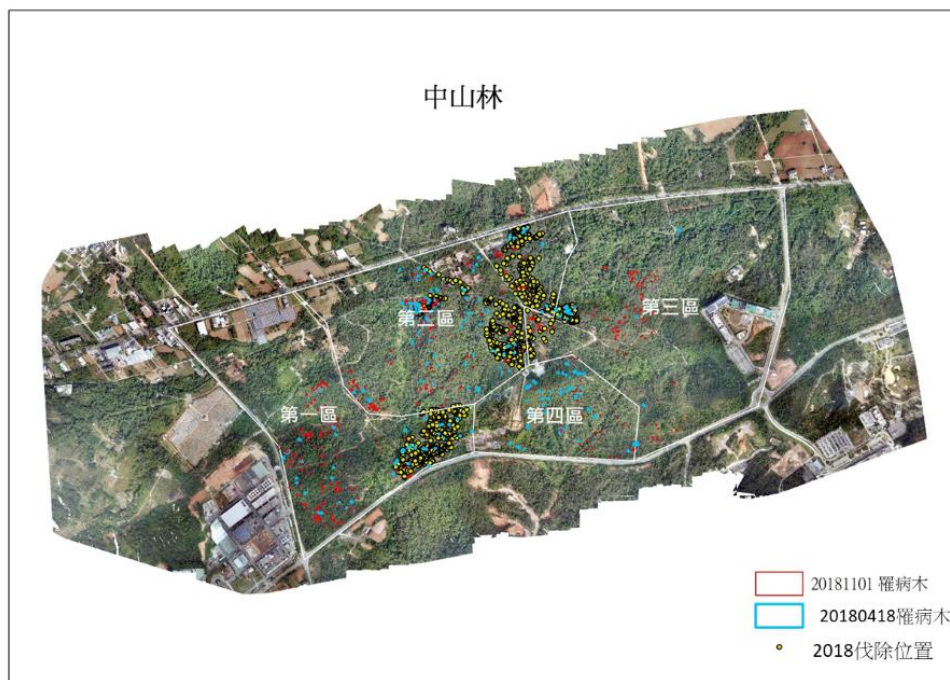


圖 22、2018 年伐除樹木及罹病樹木位置(資料來源：本調查自製)





圖 23、2016 年伐除作業前(A)、後(B)核密度圖(資料來源：本調查自製)

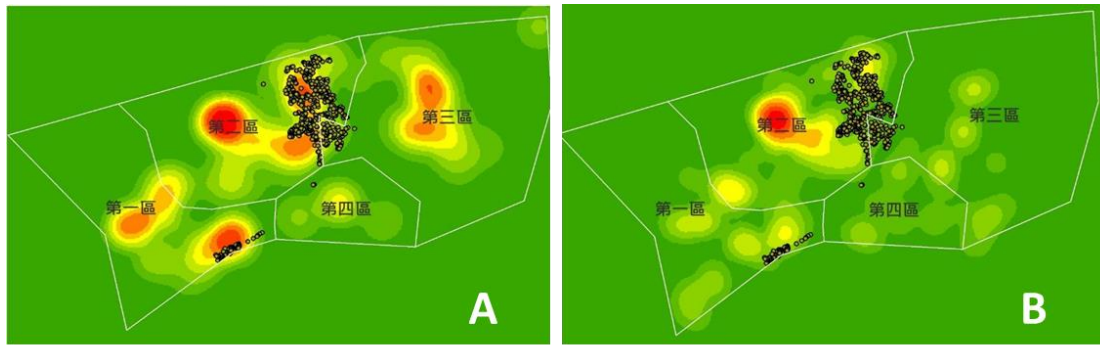


圖 24、2017 年伐除作業前(A)、後(B)核密度圖(資料來源：本調查自製)

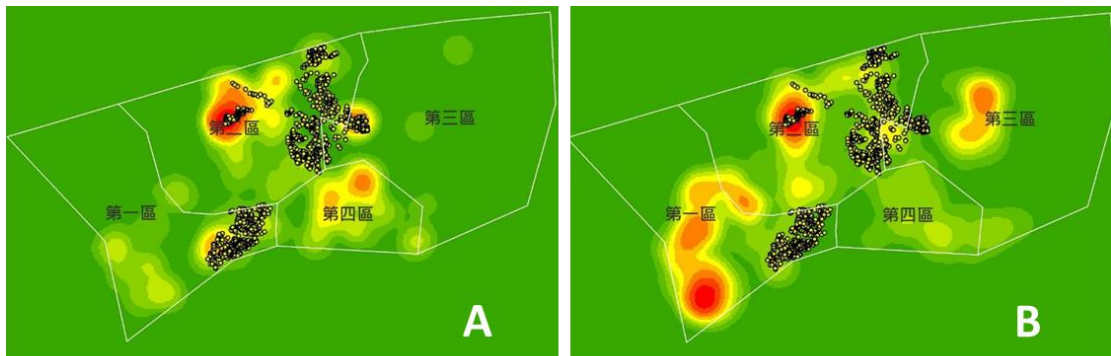


圖 25、2018 年伐除作業前(A)、後(B)核密度圖(資料來源：本調查自製)

#### 第四節、蒐集國內外松材線蟲萎凋病防治之相關文獻資料

##### 一、 罹病木處理原則

根據國內外文獻及本次成果，整理出後續防治處理之相關方式：

##### (一). 伐除木選定：

建議應不論得病情形如何，均應予以移除。目前建議將乳山附近罹病木徹底伐除，其餘區域則視經費情形處理。

##### (二). 罹病木伐除處理：

在伐木操作允許的條件下，松樹病死木樹頭高度不得超過5cm，所有伐除的病死樹和活樹均應作除害處理，並應在松斑天牛成蟲羽化前完成處理。

##### (三). 枯死松樹的樹頭全部去皮後，縱向連砍數刀並噴灑

48.34% 丁基加保扶 乳劑 1：300 倍液，噴至樹頭濕透；若樹頭高度高於5cm，需加套0.8mm厚的塑膠袋並在四周壓土的措施。若因現地因素無法施用化學藥劑，建議將樹頭樹皮全數剝除，再套上0.8mm厚的塑膠布或是八目(2.36mm)以上的鐵紗網，邊緣需覆土壓實至少五公分厚，防止天牛逃脫。

##### (四). 所有伐除的樹幹及枝條，尤其直徑0.8cm以上的病死樹枝

樞均應妥善處理。如全部移出焚燒或使用切片機械將罹病木

切成厚度 0.8 cm 以下的木片後，經過二次加工用做其他用途。

(五). 後續建議可先部分區域試用 ZM-80B 型松斑天牛誘捕器，進一步評估後可搭配伐除作業使用。誘引劑部分可使用中國製的 APF-I 型持久增強誘芯及我國研發之 H-8、H-9 配方(中華民國發明第 176260 號專利證書)，比較兩者效果後擇優於後續防治處理中使用。注射真菌性天敵(EV、BB 菌)部分可用於單棵重要松樹之預防性注射。

(六). 太武山地區之罹病木處理原則:於主要幹道周遭區域的罹病木，基本上以運出銷毀為原則，可參照第(四)項處理方式。若是位在地形崎嶇之罹病木，而無法運出者，將罹病木分段(100~150 公分)集中，需套上八目的鐵網或是 0.8mm 厚的塑膠布，邊緣需覆土壓實至少五公分厚，防止天牛逃脫。樹頭處裡可參照第(三)項。另外可搭配松斑天牛誘捕器一併掛設使用，最大幅度降低松斑天牛之密度。

(七). 罹病木處理處理完畢後，應進行監測調查，掌握處理成效。



## 二、 中國福建省松材線蟲萎凋病防治案例

福建當地亦爆發嚴重之松材線蟲萎凋病，本次參訪福建農林大學，跟進行該病害防治有卓越成效的張飛萍教授進行交流(圖 30 圖 31 圖 32)。當地目前防治的原則為：一為妥善處理罹病木，包括皆伐、定點伐除等，伐除後之樹木於現地進行焚燒處理，樹枝、側枝及樹冠等枝條亦落實處理，並貫徹疫木不下山之原則，最大幅度防止病害藉由人為移動進行長距離傳播。二為使用高效之松斑天牛誘捕器。該誘捕器由福建農林大學張飛萍教授研發(圖 26)，抓準天牛羽化後的 15 天(雌蟲)及 3 天(雄蟲)內進行誘捕，搶在天牛羽化後傳播線蟲的高峰期(20~35 天)內進行誘殺，達到防治成效。誘捕器底部需離地距離至少 1.5 m，掛放高度以不超過樹高為限，越高越好。掛放完成的誘捕器應保持自然垂直向下狀態，以最大程度防止天牛逃逸。在用於防治疫情時，每 6~7 公頃松樹林至少需掛放 3 個誘捕器，最多不超過 9 個誘捕器，在此範圍內掛放越多誘捕器，防治效果越好。



圖 26、誘捕器 ZM-80B 型



圖 27、誘捕器掛設於樹冠層





圖 28、誘捕器掛設於樹冠層



圖 29、誘捕器抓到之松斑天牛





圖 30、於福建農林大學進行交流參訪



圖 31、於福州現地進行防治松斑線蟲萎凋病之交流



圖 32、於福州現地進行防治松斑線蟲萎凋病之交流

#### 第四章、期中審查會議紀錄及委員意見回覆表

- 一、 會議名稱：「107 年金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫」
- 二、 時間：107 年 8 月 3 日(星期五)下午 2 時 00 分
- 三、 地點：本處第一會議室
- 四、 主持人：謝處長偉松  
紀錄：李秀燕
- 五、 出席人員：(如簽到表)
- 六、 受託單位簡報：台灣樹木保育股份有限公司(略)
- 七、 討論：(詳如附件)
- 八、 結論：
  1. 本案期中審查會議原則通過，請受託單位將與會委員意見納入報告書修正辦理並依時程及契約續辦。
  2. 請受託單位於期末報告前將歷年成果分析進行小型工作會報。
- 九、 散會(下午 4 時 0 分)。



## 107 年金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫

### 期中審查會議紀錄委員意見回覆表

陳委員至瑩	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本所今年度委託廠商進行空拍枯死松樹約 400 株及地面標定確認，實際砍伐數量為 500 多株。</li> <li>2. 建議委託單位將歷年資料比對分析及提供施作建議。</li> </ol>
單位回覆	將依照委員意見修正及補充
楊秘書恭賀	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，請搜集相關文獻及 DNA 比對。
單位回覆	將依照委員意見於期末報告中進行資料補充，並與福建相關單位聯繫及進行交流。
楊主任東霖	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議將空照圖進行分析以協助了解日後砍伐區域。</li> <li>2. 報告中誘捕昆蟲效果似乎不好，無採集到松材線蟲。</li> <li>3. P22-23 之三月及六月觀察結果灌注之治癒率成效為何？</li> </ol>
單位回覆	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將依照委員意見修正及補充。</li> <li>2. 松材線蟲分離率較低可能跟分離對象(松斑天牛)的新鮮度有關，將盡量採集活體天牛進行分離。</li> </ol>

	3. 三月及六月之罹病率分別為 8.25%及 6.26%。
陳課長玉成	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有關松樹伐除後，留有樹頭，是否作好隔離效果。</li> <li>2. 本案生物防治看不出其效果。</li> </ol>
單位回覆	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目前並無做相關隔離措施，將參照國外防治作法，提供機關相關資料以供參考。</li> <li>2. 相關效果待 11 月觀察結束後將進行彙整。</li> </ol>
蘇副處長承基	1. 建議本案提供明確防治方法及科學依據供本處日後處理。
單位回覆	將依照委員意見進行補充

## 第五章、工作會議記錄

一、會議名稱：「107 年金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫」

二、時間：107 年 10 月 29 日(星期一)上午 10 時 30 分

三、地點：本處第一會議室

四、主持人：蘇副處長承基

紀錄：李秀燕

五、出席人員：(如簽到表)

六、受託單位簡報：台灣樹木保育股份有限公司(略)

七、討論：(如附件)

八、結論：

本案請受託單位參考出席人員意見，並於期末審查報告時將數據

資料具體呈現。

九、散會(上午 11 時 50 分)。



## 附件

### (一)邱教授祈榮

- 1.本案於今年4月有進行空拍，並標定罹病木資料，若搭配今年伐除松樹位置之資料，於11月再進行空拍及罹病木標定，加以比對，屆時即可進行分析。
- 2.本案後續會配合管理處伐樹工作，於11月10日前完成罹病木標定工作。
- 3.建議管理處枯死松樹伐除工作可集中1區先進行徹底砍伐，於隔年監測是否有效抑制，如砍伐有效，即可再進行另1區砍伐。
- 4.有關太武山區伐樹作業，會提供就地掩埋標準作業程序、覆蓋布厚度等供參考，並請管理處協助與軍方協調，以便進行太武山區空拍。
- 5.大陸方面，將儘快聯繫，了解其感染及防治情況。
- 6.本案會補充數據資料並評估防治效果，於期末審查報告時整體說明。

### (二)洪博士巧珍

本案誘蟲器放置方法與誘蟲效果相關，據調查結果放置150-300CM所抓到蟲數接近，故本案未來放置高度為一個人高度為主。106年誘蟲器捕捉到的松班天牛帶有線蟲，今年則無線蟲，是否與族群密度下降有關，可再探討。

### (三)曾教授顯雄

本案應將進行防治之100株松樹與無防治松樹進行分析比對，有防治及無防治松樹死亡數及鄰近松樹死亡數作趨勢分析，以便了解趨勢下降或提升依據。

### (四)楊秘書恭賀

- 1.本處於今年7月計伐除枯死松樹1千餘株，預計11月辦理招標，伐除約900株，建議受託單位於砍伐前空拍，作為後續資料比對分析。
- 2.因地緣關係，建議搜集福建地區松斑天牛及防治等相關文獻。

### (五)楊主任東霖

建議承辦課將歷年松樹砍伐數據及位置提供受託單位，以便資料整合。

## 第六章、期末審查會議記錄及委員意見回覆表

一、會議名稱：「107 年金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫」

二、時間：107 年 11 月 29 日(星期四)下午 2 時 30 分

三、地點：本處第一會議室

四、主持人：謝處長偉松

紀錄：李秀燕

五、出席人員：(如簽到表)

六、受託單位簡報：台灣樹木保育股份有限公司(略)

七、討論：(詳如附件)

八、結論：

本案期末審查會議原則修正通過，請受託單位將與會委員意見納入報告書修正辦理。

九、散會(下午 4 時 0 分)。

# 107 年金門國家公園松材線蟲萎凋病防治計畫

## 期末審查委員意見回覆表

陳委員至瑩	單位回覆
1. 第一章計畫背景未述金門松材線蟲發生的季節等情形，請承商加以補充，以利日後資料查閱。	感謝委員指教，遵照辦理。
2. 真菌注射防治章節敘述過於簡略，105 年編號 A 至 G 各代表的意義，另與 106 年編號 A 至 H 之差異為何？	感謝委員指教，遵照辦理，將於報告書中增加相關說明。
3. 107 年注射觀察照，應將 6 月份與 11 月份兩相比對，才能看出成效。	感謝委員指教，遵照辦理。
4. 承商目前已有空拍影像，請在能力範圍，提供管理處已知染病位置，以利後續砍除標定作業。	感謝委員指教，遵照辦理。
<p>5. 計畫已執行數年，承商是否有具體且有效益的防治方法？</p> <p>6. 另後續年度除了砍除及標定外，是否仍建議再執行注射或誘引等防治措施工作？</p>	<p><input type="checkbox"/> 建議應不論得病情形如何，均應予以移除。目前建議將乳山附近罹病木徹底伐除，其餘區域則視經費情形處理。</p> <p><input type="checkbox"/> 在伐木操作允許的條件下，松樹病死木樹頭高度不得超過 5cm，所有伐除的病死樹和活樹均應作除害處理，並應在松斑天牛成蟲羽化前完成處理。</p> <p><input type="checkbox"/> 枯死松樹的樹頭全部去皮後，套上 0.8mm 厚的塑膠袋，邊緣需覆土壓實至少五公分以上防止天牛逃脫。</p> <p><input type="checkbox"/> 所有伐除的樹幹及枝條，尤其直徑 0.8cm 以上的病死樹枝極，均應妥善處理。如全部移出焚燒或在使用切片機械將罹病木切成厚度 0.8 cm 以下的木片，可供作其他應用。</p> <p><input type="checkbox"/> 後續建議可先部分區域試用</p>



	ZM-80B 型松斑天牛誘捕器，近一步評估後可搭配伐除作業使用。注射部分可用於單棵重要松樹之預防性注射。
黃課長子娟	單位回覆
1. 請補充邱教授祈榮於 107 年 10 月 29 日工作會議所提建議之處理方式。	感謝委員指教，遵照辦理。
2. 請於成果報告書中補充本處松樹伐除後樹頭後續處理方式。	感謝委員指教，遵照辦理。
楊秘書恭賀	單位回覆
1. 有關福建處理松斑天牛是否有利用天敵來防治？	根據福建農林大學學報第 37 卷第 6 期(2008)的報告，於 2004~2007 年間有在福建廈門進行管式腫腿蜂防治試驗，寄生率在 20%以上。而根據中國林業科學第 46 卷第十期(2010)中的報告，於 2005~2007 年在廈門地區亦進行哈式腫腿蜂及白僵菌的防治試驗，病死株從 2002 年 136968 株降到 2007 年的 6 株。
楊主任東霖	單位回覆
1. 建議將松樹後續處理方式(砍伐、生物防治方式等)補充於報告書。	感謝委員指教，遵照辦理。

## 第七章、結論與建議

### 第一節、 結論

利用 2018 年 11 月的空照圖進行分析，可以看到第一區及第三區的罹病木密度有增加之趨勢，第四區密度有趨緩，但是分布範圍為變大，成為較零星的分佈。

今年於優先防治區域 II-2 區進行大量誘殺松斑天牛誘蟲器的投放。並配合灌注位置，誘蟲器投放地點一樣圍繞 II-2 區進行，形成包圍帶後抑制該區域的罹病範圍，防止其擴大。目前共設置有 50 個誘蟲器，共抓到 180 隻松斑天牛，並於五月開始監測到松斑天牛的發生，而至九月趨緩。

應用真菌性天敵防治方面，今年所灌注的 100 株松樹圍繞罹病熱區 II-2 區，於灌注前之平均罹病度為 8.25%，灌注後到 11 月的平均罹病度為 18.37%，雖有上升之趨勢，但以周遭對照樣區做比較，則是有一定之抑制效果，其上方及右側之樣區死亡率較低。注射處理及誘捕器有發揮一定之成效。

### 第二節、 建議

一. 建議針對林區罹病之現況，在實務上需將罹病木作徹底伐除，可視經費多寡，選擇嚴重區域優先施作，但是需將該區域之罹病木徹底清除，且伐倒木之處理必須確實，尤其較小之側

枝及樹冠枝條也必須處理。否則容易在隔年度再次爆發。

- 二. 無法運出現地的罹病木需要加套夠厚的塑膠布(0.8mm)或是鐵砂網(8目)，周遭需覆土壓實避免天牛羽化飛出，樹頭部分需低於五公分，樹皮剝除後亦加套夠厚的塑膠布(0.8mm)或是鐵砂網，再覆土壓實。
- 三. 除伐除外，在評估後可搭配 ZM-80B 型松斑天牛誘捕器，誘引劑部分從中國製的 APF-I 型持久增強誘芯及我國研發之 H-8、H-9 配方(中華民國發明第 176260 號專利證書)中擇優於後續防治處理中使用。注射真菌性天敵(EV、BB 菌)部分可用於單棵重要松樹之預防性注射。
- 四. 此外建議定期以無人空拍機持續拍攝，藉此標定罹病木分布及罹病受害區域資訊，拍攝後並派遣調查人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。



## 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 頁。
8. 潘滄桑。2011。松材線蟲病研究進展。廈門大學學報 (自然科學版)。50(2)。476-483 頁。
9. 朱細儉。方天松。林明生。邱煥秀。2011。松材線蟲病綜合治理技術及成效。廣東林業科技。27(4)。72-75 頁。
10. 黃金水。何學友。2001。我國松材線蟲病研究現狀及福建省防範對策的探討。福建林業科技。28(4)。12-17 頁。
11. 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.
12. 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.
  13. 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.
  14. 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.
  15. 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.
  16. Parzen, E. .1962. On estimation of a probability density function and mode. *The annals of mathematical statistics*,33(3), 1065-1076.
  17. 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.
  18. 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.
19. Tzean, S. S., and J. Y. Liou. 1993. Nematophagous resupinate basidiomycetous fungi. Phytopathology 83:1015-1020.
  20. 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.
  21. 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).
  22. 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.
  23. 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.
  24. 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)