

陽明山國家公園杪欏科植物植群 生態(及病理)之研究

受委託者：國立臺灣大學

研究主持人：沈偉強（國立臺灣大學 植物病理與微生物系）

協同主持人：邱祈榮（國立臺灣大學 森林環境暨資源學系）

研究人員：黃昱凱、林建融、孫世鐸、王冠中

陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國 100 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）

陽明山國家公園

目次

目次.....	I
表次.....	V
圖次.....	VII
摘要.....	XI
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 臺灣及陽明山國家公園杪櫨科蕨類筆筒樹 過去之研究	2
第三節 實驗假說	5
第二章 實行方法	7
第一節 棲地分析	7
第二節 陽明山全區車道與步道調查	13
第三節 樣區設置	14
第四節 科霍氏法則	20
第五節 病原鑑定	25
第六節 筆筒樹維管束觀察及灌注測試.....	26

第七節	防治藥劑之篩選與施用測試.....	27
第八節	監測樣區	30
第三章	結果	35
第一節	正射空照影像判釋陽明山國家公園內筆筒 樹之位置	35
第二節	筆筒樹棲地特性分析	40
第三節	不同年度萬溪地區空照圖之比對與分析... ..	51
第四節	台灣杪櫨屬蕨類植物之簡易檢索	56
第五節	陽明山國家公園車道與步道杪櫨科植物之 調查.....	57
第六節	罹病筆筒樹病原微生物的分離與培養	64
第七節	菌株產孢誘導與鑑定	75
第八節	科霍氏法則—接種與再分離	78
第九節	植群樣區設置與資料分析	86
第十節	罹病樣區監測	98
第十一節	筆筒樹維管束觀察	117
第十二節	藥劑防治之評估	120

第四章 建議	127
附錄一、監測樣區 02 之發病記錄	129
附錄二、監測樣區 05 之發病記錄	131
附錄三、監測樣區 08 之發病記錄	133
附錄四、監測樣區 10 之發病記錄	134
附錄五、監測樣區 11 之發病記錄	136
附錄六、監測樣區 12 之發病記錄	139
附錄七、監測樣區 14 之發病記錄	141
附錄八、監測樣區 17 之發病記錄	142
附錄九、監測樣區 18 之發病記錄	143
附錄十、監測樣區 20 之發病記錄	144
附錄十一、蚜蟲 <i>Melanaphis sacchari</i> 傳播 <i>Sugarcane yellow leaf virus</i> 之發病模式示意圖。	145
附錄十二、瓜蚜傳播 <i>Zucchini yellow mosaic virus</i> 之示意圖。	146
附錄十三、玉米絲黑穗病於田間發生之情形。	147
附錄十四、樣區植物名錄	148

附錄十五、期初審查會議紀錄	157
附錄十六、第一次期中審查會議紀錄	163
附錄十七、第二次期中審查會議紀錄	168
附錄十八、第一次工作會議紀錄	173
附錄十九、第三次期中審查會議紀錄	177
附錄二十、期末審查會議紀錄	182
參考書目	187

表次

表 3-1 筆筒樹棲地特性之分析	43
表 3-2 萬溪地區空照圖比對分析表	53
表 3-3 筆筒樹病株樣本採集資料	67
表 3-4 不同培養基與溫度誘導產孢之結果	73
表 3-5 科霍氏法則之接種再分離結果	80
表 3-6 樣區環境資料	89
表 3-7 調查樣區內筆筒樹的相對頻度與 IVI	90
表 3-8 依罹病與否與南北坡向，調查樣區內常見伴生物種 出現的樣區數	91
表 3-9 依不同海拔間距，調查樣區內常見伴生物種出現的 樣區數	92
表 3-10 依不同海拔間距、筆筒樹罹病與否、南北坡向，調 查樣區間物種組成的 Sorensen 相似性指數	93
表 3-11 監測樣區罹病相關資料	103
表 3-12 鞍部測站日均溫於不同月份年份間之分群表	104
表 3-13 鞍部測站日最高溫於不同月份年份間之分群表	105

表 3-14 竹子湖測站日均溫於不同月份年份間之分群表•106

表 3-15 竹子湖測站日最高溫於不同月份年分間之分群
表•••••107

表 3-16 第一次藥劑防治測試•••••122

表 3-17 第二次防治藥劑測試•••••123

表 3-18 第三次防治藥劑測試•••••124

圖次

圖 2-1 筆筒樹的航照正射影像圖	9
圖 2-2 杪欏科植物空間資料庫建置流程	10
圖 2-3 筆筒樹立木圖層之分析	11
圖 2-4 2007 年與 2009 年萬溪空照圖之比對	12
圖 2-5 自組織分離病原流程	21
圖 2-6 筆筒樹幼苗接種示意圖	22
圖 2-7 罹病筆筒樹植株之採樣分菌流程	23
圖 2-8 擴散法投藥示意圖	28
圖 2-9 2011 年陽明山國家公園筆筒樹監測樣區之分布位置與 2010 年全區車道筆筒樹病害調查	32
圖 2-10 筆筒樹監測樣區之紀錄表	33
圖 3-1 陽明山國家公園管理處鄰近之空照正射圖與筆筒樹之 立木分布圖	37
圖 3-2 陽明山國家公園全區筆筒樹之立木分布 圖	38
圖 3-3 陽明山國家公園全區筆筒樹之立木分布密度 圖	39

圖 3-4 陽明山國家公園之數值地形模型(Digital Terrain Model , DTM)	44
圖 3-5 陽明山國家公園之坡向圖	45
圖 3-6 陽明山國家公園之坡率圖	46
圖 3-7 陽明山國家公園之流量累積圖	47
圖 3-8 陽明山國家公園筆筒樹之道路邊緣區域分布圖 . .	48
圖 3-9 陽明山國家公園筆筒樹之分布統計圖	49
圖 3-10 陽明山國家公園筆筒樹在各坡向與海拔之分布株數	50
圖 3-11 萬溪地區不同年度筆筒樹之空照比較圖	54
圖 3-12 萬溪地區筆筒樹與道路分布之關係	55
圖 3-13 陽明山國家公園台灣杪欏步道調查之分布圖 . . .	58
圖 3-14 陽明山國家公園鬼杪欏步道調查之分布圖	59
圖 3-15 陽明山國家公園台灣樹蕨步道調查之分布圖 . . .	60
圖 3-16 陽明山國家公園韓氏杪欏步道調查之分布圖 . . .	61
圖 3-17 陽明山國家公園筆筒樹步道調查點位之分布圖 . .	62
圖 3-18 陽明山國家公園筆筒樹車道調查之分布圖	63
圖 3-19 罹病筆筒樹莖部之橫切分段觀察	68
圖 3-20 筆筒樹中心髓部之組織切片圖	69

圖 3-21 罹病筆筒樹株之採集分布位置	70
圖 3-22 筆筒樹採樣罹病植株之照片	71
圖 3-23 罹病筆筒樹之莖部橫切觀察與分菌過程	72
圖 3-24 罹病筆筒樹之真菌分離菌株	73
圖 3-25 健康筆筒樹之分菌結果	74
圖 3-26 筆筒樹萎凋病疑似病原真菌之產孢構造誘導及切片 觀察結果	77
圖 3-27 幼苗接種實驗	81
圖 3-28 筆筒樹成株之接種結果	82
圖 3-29 接種病株病程發展	83
圖 3-30 接種病株內部病徵示意圖	84
圖 3-31 接種病株內部病徵圖	85
圖 3-32 植群調查樣區之分布位置	94
圖 3-33 TWINSpan 分類後各調查樣區在 DCA 的分布 圖	95
圖 3-34 各調查樣區依罹病與否在 DCA 的分布圖	96
圖 3-35 各調查樣區依罹病與否在 DCA 的物種組成比較	97
圖 3-36 2011 年監測樣區之分布位置與 2010 年全區車道調 查	108

圖 3-37 監測樣區發病狀況	109
圖 3-38 各監測樣區 2010 年與 2011 年之罹病率比較	110
圖 3-39 樣區罹病狀況一	111
圖 3-40 樣區罹病狀況二	112
圖 3-41 樣區罹病狀況三	113
圖 3-42 樣區罹病狀況四	114
圖 3-43 陽明山近十年夏季氣候資料	115
圖 3-44 發病擴散半徑示意圖	116
圖 3-45 筆筒樹幼苗維管束阻斷實驗	118
圖 3-46 筆筒樹維管束之灌注實驗	119
圖 3-47 防治藥劑之測試結果	125
圖 3-48 防治藥劑以擴散法施用於罹病初期筆筒樹之成果	126

摘要

關鍵詞：陽明山國家公園、筆筒樹、筆筒樹萎凋病、植群生態、地理資訊系統

筆筒樹乃大型樹蕨，為植物演化及生物地理研究的重要活化石植物。近年來，台灣北部包括陽明山國家公園地區的筆筒樹，發生不明原因大量死亡的情形，為有效保育臺灣筆筒樹，避免死亡族群擴大，本計畫針對陽明山國家公園之範圍，建立以筆筒樹為主的桫欏科蕨類植物的植群群落資料，以及筆筒樹罹病死亡之地理分布資訊，並探討筆筒樹死亡之原因，釐清病害種類，同時給予必要之防治措施及採取相關保育方法，並希望能做為臺灣其他地區之筆筒樹保育參考。計畫執行期間，利用正射空照影像判釋，建立陽明山國家公園全區筆筒樹之立木圖，初估全區至少有 41482 棵筆筒樹。藉由地理資訊系統，並利用數值地形模型完成筆筒樹的棲地分析，發現筆筒樹喜好分布在海拔 200 到 800 公尺間，中坡率，以及北向與東北向之坡向，並偏好分布於溪谷地形之棲地。在現地檢核方面，已完成陽明山國家公園全區主要車道與步道桫欏科蕨類之調查，以及筆筒樹罹病率之調查，粗估發病率約 12.6%。植群分析調查顯示，陽明山筆筒樹週遭植群，並沒有顯著的構造變異，大致均屬台灣低地山區常見的榕楠林帶，罹病樣區植群之物種組成，與健康樣區者，並無顯著差異，初步推論，筆筒樹罹病與否，和其伴生物種並沒有特定之關係。在筆筒樹萎凋病病理研究方面，分離得到相同菌落形態真菌菌株約有 237 株，挑選不同地區的分離菌株進行分子鑑定，結果顯示亦為同一真菌菌株。為完成科霍氏法則之印証，分別挑選陽金公路與萬溪地區之分離株進行接種與再分離之工作，証明目前分得的真菌菌株為造成筆筒樹萎凋病之病原。針對發病樣區之監測得知，於發病嚴重的萬溪地區及陽金公路後段區域，病害有持續擴散的現象。在病害防治方面，藥劑篩選顯示腐絕能有效抑菌，為野外施用方法及實際成效，仍須進一步評估。

目前主要建議事項，皆為長期性之建議事項。

一、長期性建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：

筆筒樹萎凋病之防治，可挑選本研究 2011 年設置之監測樣區，依不同的發病率，嘗試執行不同的防治策略，觀察實施防治前後，各樣區罹病率的增減，病害擴散的情形，以便評估防治之成效。

二、長期性建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：

以二至三年為單位，針對特定高發病樣區，購置空照圖進行比對與實地調繪，持續調查筆筒樹之族群，以建立完整的筆筒樹族群消長與生態資訊。

Vegetation and pathological studies of Cyatheaceae in Yangmingshan National Park

ABSTRACT

Keywords: Yangmingshan National Park, *Cyathea lepifera*, *Cyathea* wilt, vegetation, geographic information system

Cyathea lepifera, a tree fern, is an important living fossil for the research of plant evolution and biogeography. Recently, many dead trees of *Cyathea lepifera* were discovered in northern Taiwan including Yangmingshan National Park, however, the cause of the death was unknown. To preserve *Cyathea lepifera* and prevent the expansion of dead population, the aims of this research grant were to study the vegetation of *C. lepifera* and other *Cyathea* spp. in Yangmingshan National Park, to establish the spatial distribution of healthy and dead tree ferns, to determine the cause of the death, and finally to provide the integrated control and preservation measures. According to the aerial photographs, we digitized all the *C. lepifera* trees in Yangmingshan National Park and 41,482 trees were estimated to be present in the National Park. Based on the analyses of digitized data with DTM (Digital Terrain Model) in the geographic information systems (GIS), we found that *C. lepifera* favors elevation between 200 and 800 meter high, middle slope, north and northeast aspects, and also prefers to grow in the valley where flow accumulation is greater than zero. In the field inspection, we finished the surveys of *C. lepifera* and other *Cyathea* spp. along most of the roads and trails in Yangmingshan National Park. The locations and numbers of diseased and dead *C. lepifera* trees were recorded and overall 12.6% disease rate was revealed. Vegetation surveys among twenty-six sites showed that no significant variation was observed in the vegetation structure of *C. lepifera*.

These suggest that companion plants may not involve in the death of tree fern. In pathological studies, we collected 17 diseased trees from Yangmingshan National Park. Among the 267 isolated fungal isolates, 237 fungal strains showed same colony morphology and molecular identification of selected strains also revealed identical ITS sequence. Inoculation and re-isolation experiments confirmed that the isolated fungal species is highly possible the cause of *Cyathea* wilt. According to our epidemiological surveillance, spread of the disease has been continually found in several locations. An effective fungicide, thiabendazole, has been identified; however, its performance in the field and also disease management strategies need further evaluation.

Based on our studies, long-term strategies are suggested here as follows.

For long-term strategies:

1. Aerial photography and field inspection at 2 to 3 years interval need to establish in the Park to determine the population dynamic and ecological information of *C. lepifera*.
2. Different strategies of disease management should be applied in our surveillance plots and monitoring systems are needed to assess the effectiveness.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

筆筒樹為大型樹蕨植物，其祖先出現於中生代侏儸紀時期，為植物演化及生物地理研究的重要活化石植物。世界植群調查顯示，筆筒樹之分佈以高族群數目的臺灣為中心，輻射狀向鄰近地區分佈，因此筆筒樹為臺灣重要的指標蕨類植物。根據近年來的調查發現，臺灣北部地區包括陽明山、烏來、新店、土城，及新竹等地的筆筒樹，出現原因不明的大量死亡案例。為有效保育臺灣筆筒樹，避免死亡族群擴大，本計畫擬以兩年的時間，針對陽明山國家公園園區內，建立以筆筒樹為主的桫欏科蕨類植物的植群群落資料，以及筆筒樹罹病死亡之地理分布資訊，並深入探討筆筒樹死亡之原因，釐清病害種類，同時給予必要之防治措施及採取相關保育方法，並希望能做為臺灣其他地區筆筒樹保育之參考。

第二節 臺灣及陽明山國家公園桫欏科蕨類筆筒樹過去之研究

桫欏科 (Cyatheaceae) 蕨類，為大型樹蕨 (treefern) 植物，其祖先出現於中生代侏儸紀時期，由於地球環境的變遷，生態環境的改變，其大部份種類皆已滅絕，少部份種類因生長於避難所，得以存活至今，因此，桫欏科植物為植物演化及生物地理研究的重要材料 (Tryon and Gastony, 1975)。桫欏科植物，全世界目前包含 4 屬約 800 種，主要分佈於全世界熱帶與亞熱帶的溫暖潮溼山區；而臺灣地區的桫欏科植物皆為桫欏屬 (*Cyathea*)，包括韓氏桫欏 (*Cyathea hancockii* Copel.)、鬼桫欏 (*Cyathea podophylla* (Hook.) Copel.)、南洋桫欏 (*Cyathea loheri* Christ)、臺灣桫欏 (*Cyathea spinulosa* Wall. ex Hook.)、臺灣樹蕨 (*Cyathea metteniana* (Hance) C. Chr. & Tard.-Blot)、蘭嶼筆筒樹 (*Cyathea fenicis* Copel.)，以及筆筒樹 (*Cyathea lepifera* (J.Sm. ex Hook.) Copel.) 等七種植物。其中，以筆筒樹樹型最為高大，族群數量最多，且尚具有觀賞及保健的價值。筆筒樹在臺灣的高族群數目，在世界上其它地區極為罕見，並且筆筒樹在世界地理分佈的分析，呈現以臺灣為中心之輻射狀分佈，北至琉球群島，南至菲律賓，東至大陸福建及南部各省等地。

臺灣地區，筆筒樹遍佈於中低海拔高約 1800 公尺以下的森林，並且常生長於山坡凹入或潮溼處。筆筒樹植株呈棕櫚狀，具有明顯的樹幹，直徑約 15 至 20 公分，高可達十餘公尺，通常為單一主莖，但偶有分叉，其樹幹外部常圍繞有層層交疊的氣根，由於其地上部高聳，加上樹型特徵明顯，樹冠常突出於林緣，極易辨識 (Shieh, 1994)。筆筒樹的生長點位於樹幹頂端，樹幹上無生長點，若頂端生長點遭受破壞，將導致全株枯死。筆筒樹樹葉叢生於樹幹頂端，由於葉柄枯萎後不留於樹幹，故樹幹上葉痕非常明顯，有別於臺灣其他常見的桫欏科植物。此外，筆筒樹頂端幼芽部份及葉柄基部，具有明顯的金黃色鱗片，葉片大型，呈三回羽狀深裂，葉片長約 1.5 至 2 公尺，寬約 90 公分，葉柄長約 80 公分，羽片約 50 至 80 公分，遠軸面軸上常有許多白色小鱗片。孢子囊群圓形，無囊群蓋，

著生於葉脈上。

在臺灣筆筒樹植群的研究方面，1995 年黃曜謀等人，針對蘇澳山區筆筒樹植物社會進行植群分析，分佈序列結果顯示，其分佈密度與土壤含水率及坡度呈正相關，分佈地理位置偏向上坡面、中坡面及下坡面，樹高受坡度及全天光空域影響，環境因子影響其族群的建立與持續（黃，1995）。針對臺北動物園之筆筒樹，陳益明等人於 2005 至 2006 年 18 個月期間，進行筆筒樹樹葉動態及其物候調查，結果顯示葉片數與樹高正相關，葉片數高峰期出現於 1 至 6 月間；葉轉換率平均為 1.16，大多數植株新葉產生速度快於葉脫落，筆筒樹含成熟孢子的舊葉多於夏季脫落，秋季有較多新葉萌發，具有顯著季節性（陳與張，2006）。此外，1995 年陳美蓮等人，針對臺灣地區筆筒樹族群進行遺傳結構之分析，利用包括 16 個基因座之 13 種同功酵素，分析 18 個亞族群顯示，可能因缺乏地理阻隔，各亞族群間沒有分化，基因充分流傳（陳，1995）。

陽明山國家公園位於臺灣北部山區、臺北盆地北緣，東起磺嘴山、五指山東側，西至面天山與向天山西麓，南至紗帽山南麓，北至竹子山、土地公嶺，區內最高峰為七星山，海拔 1120 公尺。陽明山國家公園因受緯度及海拔高度的影響，兼具亞熱帶與暖溫帶氣候區，二者約以海拔 500 公尺為界；每年 10 月下旬至隔年 5 月初受東北季風影響，季風氣候明顯，區內四季分明，冬季氣溫較低。此外，受東北季風挾帶的水氣及因地形影響造成的降雨，加上 5 月至 10 月梅雨及颱風季節所帶來的雨量，區內全年雨量豐沛，霧氣多且高溼，溪流眾多，因此，也造就了陽明山國家公園豐富的生物多樣性。

根據調查，陽明山國家公園區內具有多達 1359 種的維管束植物，其中蕨類植物至少有 29 科 93 屬 154 種（郭，2003）。陽明山國家公園全區內桫欏科桫欏屬蕨類植物共計有 5 種，包括韓氏桫欏（*Cyathea hancockii* Copel.）、鬼桫欏（*Cyathea podophylla* (Hook.) Copel.）臺灣桫欏（*Cyathea spinulosa* Wall. ex Hook.）、臺灣樹蕨（*Cyathea metteniana* (Hance) C. Chr. & Tard.-Blot），以及

筆筒樹 (*Cyathea lepifera* (J.Sm. ex Hook.) Copel.)。其他兩種桫欏科植物，蘭嶼筆筒樹分布在蘭嶼，南洋桫欏則在台灣南部較多。

根據自然環境的觀察，筆筒樹一般可生長一二十年，其成株高大突出的樹冠，可因強風或颱風等自然因素，使其樹幹頂端生長點遭受破壞，因而導致死亡。另一方面，根據文獻資料，包括筆筒樹在內的蕨類植物，相較於其他植物，病蟲害的發生較少，少數危害筆筒樹的昆蟲包括介殼蟲、薊馬、赤葉蟎，及螟蛾等(陳，2008)。而於其他桫欏科蕨類的病害方面，在北美桫欏科樹蕨 *Cyathea arborea* (L.) Sm.上，曾發現病原真菌 *Grggsia cyathea* 引起的病害，主要病徵為葉部病徵，在羽葉的正反面上可產生不規則黑斑與破葉，而病斑上常帶有菌絲子座與其繁殖構造子囊盤與柄子殼，並可靠子囊孢子與分生孢子傳播(Steven and Dalbey, 1919)。而在日本，於腐朽的台灣桫欏 (*Cyathea spinulosa*) 上，發現屬於子囊菌盤菌綱 *Lachnum pteridophyllum*、*Lachnum varians*、*Lachnum sclerotii* 的真菌種類，且皆會產生子囊盤，並可藉由其子囊盤顏色形狀等特徵加以鑑定，但並無相關致病性之報導(Nagao and Doi, 1996; Nagao, 1996; Nagao, 2008)。根據過去 2 至 3 年來的調查發現，臺灣北部包括陽明山國家公園、烏來、新店、土城，及新竹等地區的筆筒樹，出現不明原因大量死亡的情況，部份地區罹病率甚高，並且有持續擴大的趨勢。為有效保育臺灣筆筒樹，避免死亡族群擴大，本計畫擬以兩年的時間，針對陽明山國家公園園區內，建立以筆筒樹為主之桫欏科蕨類植物的植群群落資料，以及筆筒樹罹病死亡之地理分布資訊，並選定不同樣區，觀察筆筒樹群落生長情形，深入探討筆筒樹死亡之原因，釐清病害種類，同時給予必要之防治措施及採取相關保育方法，以保護筆筒樹的生存，並希望能做為臺灣其他地區之筆筒樹保育之參考。

第三節 實驗假說

- 壹、臺灣筆筒樹具有高族群密度，但過去生態調查與棲地分析之文獻甚少，故本研究欲重新調查分析陽明山國家公園筆筒樹分布、棲地偏好，以及植群生態。筆筒樹之分布與棲地分析為，乃利用正射影像進行普查，以及數值地形模型分析；植群生態以及伴生物種則為設置樣區調查。另外進行陽明山國家公園全區車步道調查，記錄筆筒樹死亡族群之分布，判定死亡是否為自然選汰之過程。
- 貳、若筆筒樹之死亡非自然選汰，其致死原因可為生物性因子，或環境非生物因子。在罹病筆筒樹之病徵觀察中，葉部紅褐化萎凋為主要外部病徵，若為生物性因子，在病原分離上，可嘗試由病葉進行分離。但因罹病筆筒樹呈現萎凋病徵，故亦不排除其他部位之感染所造成。因此必須將病株進行解剖後，觀察樹狀莖髓部，或維管束組織是否出現褐化軟腐等內部病徵，並進行病原微生物之分離。在環境因子之探討方面，主要以溫度為主，進行實驗預計以不同溫度下，筆筒樹維管束阻斷實驗，與在陽明山國家公園區內不同地點設置溫度記錄儀，若確認特定病原菌微筆筒樹致死之生物因子，可進一步進行監測。
- 參、若由罹病筆筒樹組織，成功分離得到病原微生物，為證明其與筆筒樹病害之關係，必須進行科霍氏法則之流程，加以確認。
- 肆、若確認特定病原菌為筆筒樹致死之致死因子，可進一步進行病原發病生態與病害環之研究，方向可大致分為環境因子與生物因子。為研究病害發生偏好之環境因子，將於不同罹病程度之樣區內，設置溫濕度記錄儀進行監測；在生物因子方面除了分析在伴生物種中，是否有病原菌之中間寄主植物，並觀察罹病筆筒樹是否有媒介昆蟲幫助野外病害之擴散與傳播。
- 伍、根據本研究陽明山國家公園全區筆筒樹發病狀況之調查結果，尋找筆筒樹高族群區段、或是高發病率路段周圍，設置監測樣區。除監測其罹病率，亦可

探討筆筒樹萎凋病在擴散傳播上，空間及時間上之關係與動態變化，以及環境因子對病程發展之影響，以作為後續防治策略之依據。

陽明山國家公園

第二章 實行方法

第一節 棲地分析

針對陽明山國家公園全區，利用空照圖、正射影像圖及實地踏勘，標定園區內之較大面積筆筒樹植物社會所在位置。筆筒樹為陽性植物，一般多生長在開闊潮濕的環境，即使在森林中也多突出樹冠層，加上由於其樹冠特殊，因此可以藉由航照正射影像判釋（圖 2-1）。依圖 2-1 紅色圈內之影像特徵，判斷應屬於筆筒樹之樹型，可先加以標註定位，即可初步建立結合植株座標的筆筒樹定位，產生標準圖片，做為未來標定立木位置的依據，並經現場核對之後，進而建立筆筒樹立木位置圖。整個杪欏科植物空間資料庫建置作業流程，如圖 2-2 所示。在實地校勘部份，將以陽明山國家公園內的車道及步道周邊為探勘調查之主要路線，並且藉由展望良好之制高點及穿越線調查，檢核筆筒樹空間及其他杪欏科植物分布位置，以及標定罹病或死亡之植株之空間分布。所繪製筆筒樹及其他杪欏科植物分布圖，及罹病或死亡植株之地理分布資訊資料，將彙入陽明山國家公園管理處「國家公園生物多樣性資料庫」，完成全區筆筒樹分布圖。

其次，為進一步瞭解筆筒樹的棲地特性，利用前述完成之筆筒樹立木位置圖，配合數值地形及道路資料，進行其棲地特性分析，藉以判斷筆筒樹在分布上有無特殊的偏好。分析流程如圖 2-3 所示，根據陽明山 2 公尺為間隔之等高線，利用軟體 ArcGIS 製作高解析度數值地形模型，進而產生坡度及坡向圖層。進行分析時，預計海拔每級為 100 公尺，坡度每級為 10%，坡向則以 8 個坡向為分析依據。另外，為表現地形位置，乃利用 GIS 分析功能中的流量累積功能，將流量累積較少的視為稜線，較多的累積量則視為溪谷地帶。由於這些都屬於類別形態的棲地變數，因此將以卡方分布的配適度檢定（goodness of fit test），檢定筆筒樹在不同棲地變數的類別中，分布機率是相同的，來分析筆筒樹立木株數在這些變數的類別間，分布機率有無差別，若有差別，表示筆筒樹對某些棲地類別有所偏

好。另外，關於人為干擾的部份，則以道路圖層為主，透過鄰近分析區劃出道路距離 100 公尺內的道路邊緣區域，計算區域內面積佔全國家公園的比例，再比較筆筒樹落於同樣區內的株數比例，並進一步可以運用卡方檢定來檢定其顯著性，若結果呈現顯著，代表筆筒樹偏好分布於道路邊緣。

此外，利用正射影像調查與筆筒樹定位，亦可應用於調查不同年度筆筒樹族群之消長。如挑選病情發生較嚴重的萬溪產業道路區域，進行不同年度空照圖之比對，可定位出因染病而消失的筆筒樹病株點位資訊（圖 2-4）。農林測量所可取得萬溪地區的空照圖，僅有 2007 年到 2009 年，而其中 2008 年空照圖，因陰影較多品質欠佳，且其年份與欲建立之 2007 年筆筒樹立木圖層的時間太過接近，因此選用 2009 年的空照圖進行比對，以瞭解過去幾年間，在陽明山國家公園高發病區域，筆筒樹族群變化消長之情形。



圖 2-1、筆筒樹的航照正射影像圖。在比例尺 1:900 之正射圖中，可見筆筒樹之特殊星狀樹形，紅圈中所標示之範圍，即為筆筒樹之特殊樹形，除形狀較特殊外，樹冠呈淡綠色，與周圍樹種之深綠色樹冠有所區別。

（資料來源：本研究調查結果）

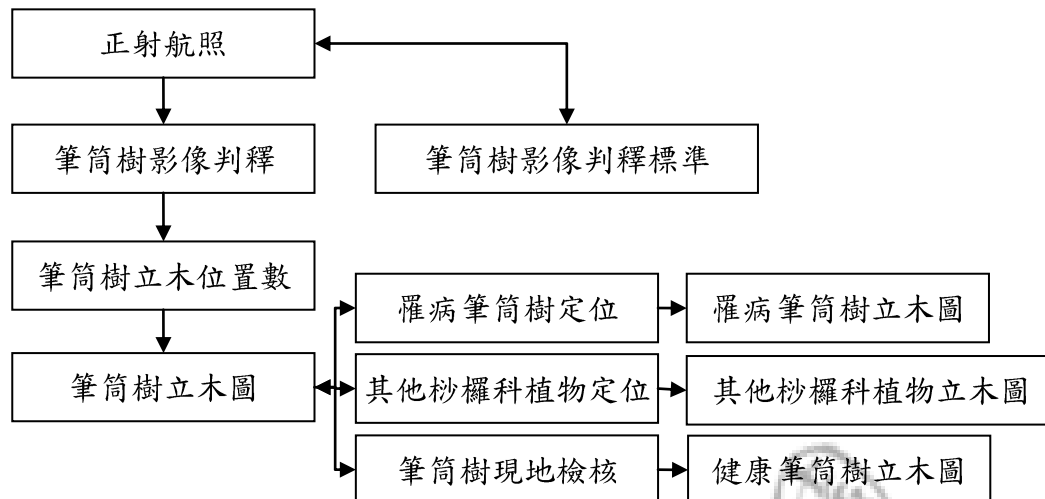


圖 2-2、杪欏科植物空間資料庫建置流程。在空照圖上，將陽明山國家公園全區筆筒樹立木數化後，得到筆筒樹立木圖，並藉由現地檢核，補遺健康及罹病或死亡之筆筒樹分布，並調查其他杪欏科蕨類之分布，完成陽明山國家公園全區杪欏科之分布圖，並上傳至「國家公園生物多樣性資料庫」，建立可共享之研究資源。

(資料來源：本研究調查結果)

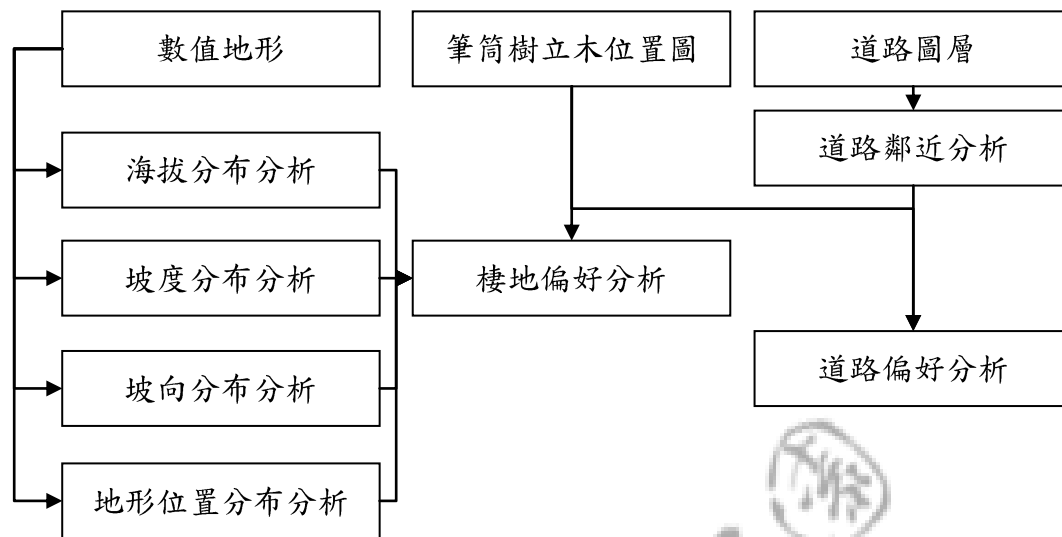


圖 2-3、筆筒樹立木圖層之分析。筆筒樹立木圖層，搭配數值地形模型，進行棲地偏好特性的分析，其影響分布因子有海拔、坡度、坡向，以及地形位置（谷地、稜線）等。經比對道路圖層與土地利用資料，可分析人為干擾與筆筒樹分布之關係。

（資料來源：本研究調查結果）

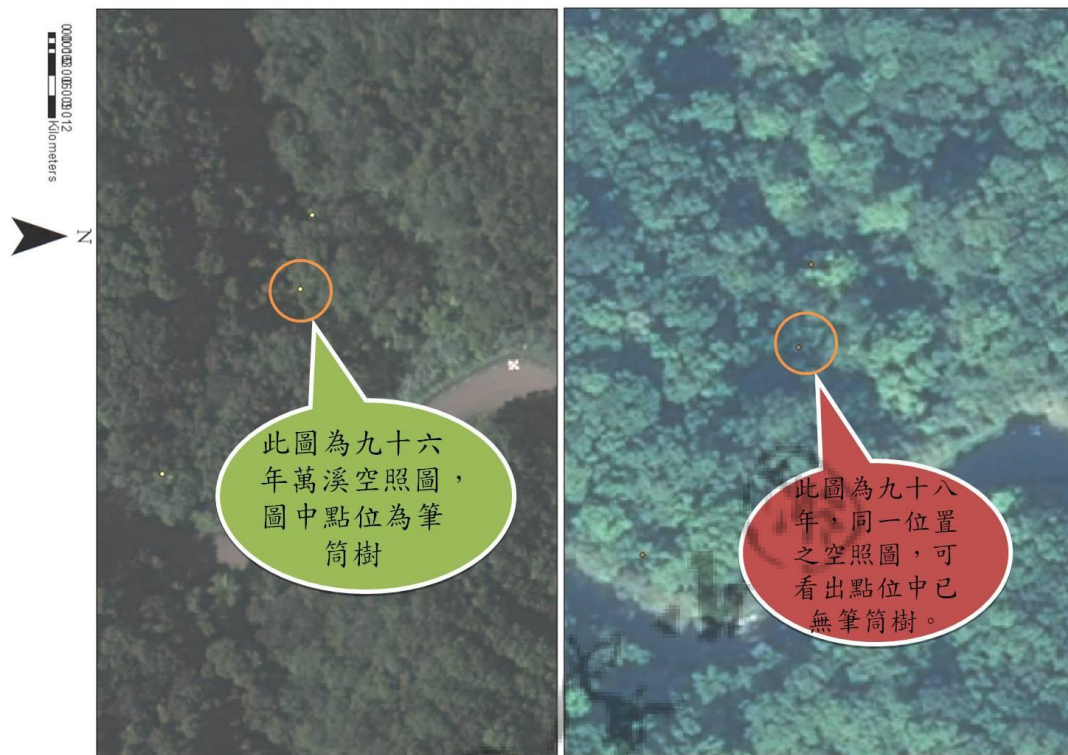


圖 2-4、2007 年與 2009 萬溪空照圖之比對。如圖示，左半邊為 2007 年萬溪部份區域的空照圖，右半邊則為 2009 年萬溪同一區域的空照圖。經比對可看出，在同一位置下（紅圈標示），2007 年可看到筆筒樹之樹冠，但在 2009 年已無法看出，初步排除照片品質因素後，判定此筆筒樹為因罹而病死亡之植株。

（資料來源：本研究調查結果）

第二節 陽明山全區車道與步道調查

在登山步道的實地檢核部分，主要以陽明山國家公園內實際開放的步道為調查對象。根據先前建立的筆筒樹立木圖搭配 GPS 資料，進行筆筒樹之現地檢核，以及其步道兩旁範圍 3 公尺內杪欏科植物之調查，紀錄項目包括位置、筆筒樹（實際株數）、死亡筆筒樹（實際株數）、其他四種杪欏科蕨類，以及筆筒樹幼苗（以等級評比）等。評比標準分為五級，0：無植株分布；1：成株一株或幼苗五株以下；2：成株一到三株，且幼苗數量多；3：成株三到十株；4：成株十株以上，或為優勢樹種。而行經步道中，若週遭植物相發生變化或是有筆筒樹立木，則記錄點位，點位間的距離約莫 50 至 100 公尺。

在車道調查部分，則以大約 100 至 200 公尺車道為間距，車道兩旁 10 公尺內為調查範圍。其內的筆筒樹，記錄健康、已死亡、以及正在發病之筆筒樹個體，而依其病程區分為 1 至 3 等級（若病葉未達全株葉數的一半者，為 1；病葉約略為全株的一半者，為 2；病葉超過全株的一半者，為 3）。

第三節 樣區設置

選擇具較大量筆筒樹死亡之地區設置樣區，記錄樣區之空間位置，調查樣區地形環境因子，包括海拔高度、坡向、坡位、坡度，及全天光空域等資料，同時亦將透過全區氣候因子推估圖層，推估樣區溫度、降雨量，及風向等因子。樣木調查方面，除一般立木調查（樹種、胸徑與樹高）外，筆筒樹調查記錄項目，包括基本植株性狀項目，例如植株高度（地面至莖頂之距離）、氣生根狀態（高度、莖基部厚度）、莖胸高直徑，以及葉子生長情況（完全開展、部份開展、卷曲之葉片數量）等，此外亦記錄植株健康狀態，包括是否得病、是否蟲害、莖頂是否出現糜爛狀態，以及葉片是否脫落等。樣區設置之後，將定期進行生長及健康監測調查，以進行致死原因之探討。

壹、地面樣區取樣方式：

取樣單位：以航空照片、林班相片基本圖（1:5000），或高解析衛星影像等，先行區分各小班內植群型之邊界，配合航測現場調查，對圖面判識進行校正。

一、取樣方式：

- A. 定義：小區以 10 公尺 × 10 公尺為一個小區樣區，每一調查地點各小區的連續組合，稱為樣區。
- B. 取樣原則：至預先標定地面調查樣區的位置，視各區劃出之植群型大小、環境異質性、敏感性、可及性、安全性、土地利用類型、土地利用史，以干擾狀態等為考慮因子，區分出均質區域，對每一均質區進行取樣。如預先標定地面調查樣區位置現場不易到達，或無法進行調查，則於附近相同植群型處，另取樣區調查。
- C. 樣區大小、形狀、排列及數量：以 10 公尺 × 10 公尺之小區為基本單位，進行連續小區取樣，合成一樣區，由有經驗之研究者依均質區之大小形狀等因素，決定樣區大小及形狀，以取得具代表

性之樣區為原則，建議樣區為 0.04 公頃（即每一樣區 4 個小區）。

貳、樣區設置及調查：

一、樣區設置方式：

- A. 由有經驗之研究者所決定之樣區，概估樣區大小及形狀。樣區依民國年月（4 碼）—樣區碼（3 碼，流水號）—小區碼（2 碼），進行編號。
- B. 以指北針測出樣區長軸之方位角，以皮尺測量出長軸及短軸之長度（10 公尺為單位）及小區數目，於每一小區之四個角落（視需要）各釘一金屬桿（長度 80 公分，一端貼以黃色警示帶標記），以樣區南側（偏南側）之邊界為 X 軸，樣區西側（偏西側）之邊界為 Y 軸，在記錄紙上繪出樣區形狀，並對小區依座標系統進行編號，每一小區之命名由其偏西南角之點命名。
- C. 樣區記錄事項說明：
 - （1）植群系型：依國家植群分類系統群系型區分，以二位阿拉伯數字代號表示。
 - （2）樣區 X 軸方位角：以前述所決定出樣區 X 軸（偏南側軸），記錄其西端向東端之方位角。
 - （3）X、Y 軸長度：記錄 X、Y 軸長度，單位以公尺記錄。
 - （4）小區數目：記錄樣區圍成之小區數目
 - （5）TM2 座標：以小區之西南角測 GPS 座標值，如 GPS 訊號不佳則以判圖、引點等方式，記錄小區之西南角座標值（目前座標以 TW67 二度分帶值為準）。
 - （6）海拔高度：以高度計測量小區西南角高度值，單位公尺，高度計需先行校正。
 - （7）地形：分為 1：稜線、2：上坡、3：中坡、4：下坡、5：谷

地，以及 6：海岸地等六項，由調查者判斷，在記錄表上勾選。

(8) 坡度：樣區所在坡面之坡度，可利用等高度之二標竿各置於樣區坡面之上下兩端，以坡度計對準二標竿頂端測量坡度，單位以角度計。

(9) 坡向：樣區所在坡面朝向之方位角，以指北針測量。

(10) 地表裸露：樣區地面未為植被覆蓋之百分率。

(11) 土壤含石率：實際觀測一定體積之土壤含石率頗為困難，故一般植群分析常採用現場估計方式，每個樣區內大略評定岩石含量之百分率。

(12) 岩石地比例：大面積岩塊所占樣區面積之百分率。

(13) 樹冠層高度：以測高儀測量第一冠層之高度，以公尺計。

(14) 樹冠層覆蓋度：第一冠層之垂直投影所占樣區面積之百分率。

(15) 調查者：填寫樣區調查之所有人員。

(16) 記錄者：填寫樣區記錄之所有人員。

(17) 檢查者：樣區調查結束，所有記錄由檢查者確認無誤後，由檢查者填寫。

(18) 樣區照片：以 300 萬畫素（約 2048×1536 ）之數位相機，以廣角端（相當於 135 相機之 28~50 mm 焦距鏡頭）於小區中心，往 X 軸與 Y 軸方向各拍攝一張，如樣區外有能看到樣區森林外貌之處，亦拍攝一張樣區外貌照片。

(19) 備註：其他值得記錄之事項，例如達到樣區之路徑，樣區附近明顯標示物，及獸跡等。

二、樣區調查：

A. 以小區為單位進行調查，記錄紙上需註明小區編號。

- B. 調查時先以樣區繩圍繞 10 公尺 × 10 公尺之小區，以便進行調查。
- C. 小區內喬木、灌木及木質藤本之胸高直徑 (DBH) 大於 1 公分以上者，以莖為單位測量其 DBH，測至小數點下一位。
- D. DBH 測量：對於所需測量之莖幹，以標有直徑刻度的捲尺（胸徑尺）環繞植株，於該植株之上坡位置，測量該植株以地面算起身長 1.3 公尺處（以 1.3 公尺長之標桿量之）之直徑，接著記錄樹種名稱及胸高直徑。若遇測量點有藤本纏繞或附生植物，則將其稍作清除，以求得最近似值。如果遇到形狀怪異的樹瘤、板根或膨大的分枝分節點，則稍往上或往下避開。遇 1.3 公尺以下有分岔之樹時，則分別記測各分枝之胸高直徑（即以 stem 為單位）。
- E. 每一小區均須另行填寫各小區之坡度，小區調查者，以及記錄者之姓名。小區之坡向，則不另行填寫。
- F. DBH 的欄位，屬於同一叢者，視為同一個體，記錄在同一列。輸入時，數字與數字之間以“, ”隔開。不同個體，即使是同一物種，亦應記錄在不同列。
- G. 每一個體記錄之後，須附加註明「干擾程度」；干擾程度共分七個等級，分述如下：1-無干擾、2-林下造林、3-其他人為種植、4-林下疏伐或除草、5-造林失敗地、6-廢耕地、7-其他。若選擇 7-其他，則須在小區之備註欄位內，填寫其他之類型，否則無法產生上傳檔。
- H. 若小區有其他之特殊狀況，則將記錄填寫於小區之備註欄位內。例如受颱風影響的情形，或稜線上兩邊取樣等之問題。

三、樣區資料分析：

- A. 由於本計畫主要的焦點在於分析筆筒樹分布樣區的伴生植物特性，

因此除了必須突顯出優勢物種的影響程度之外，稀有種或小個體物種的出現，亦能產生環境指標的功能。因此，使用介量，採用重要值指數 (Important value index, IVI)，其中包含相對優勢度 (relational dominance, RDo) 及相對密度 (relational density, RDe)，計算方法如下：

$$Do = \sum_{i=1}^n BA_i$$

$$RDo_j = Do_j * 100 / \sum_{i=1}^n Do_i$$

$$RDe_j = N_j * 100 / N$$

$$IVI = (RDo + RDe) / 2$$

其中 Do：該物種之絕對優勢度； BA_i ：該物種第 i 個個體之胸高斷面積； RDo_j ：第 j 個物種之 RDo； Do_i ：第 i 個物種之絕對優勢度； RDe_j ：第 j 個物種之 RDe； N_j ：第 j 個物種之株數；N：樣區總株數。而草本植物，則以相對覆蓋度計算之，其計算方法如下：

$$RCO_j = Co_j / \sum_{i=1}^n Co_i$$

其中 RCO_j ：第 j 個物種之 RCo； Co_i ：第 i 個物種之覆蓋度。

- B. 植群分析方面，我們以各樣區內木本層各物種的 IVI，配合環境因子導入分析軟體 PC-ORD，先以雙向指標種分析 (Two-way indicator species analysis, TWINSpan) 將樣區分群，再藉由降趨對應分析 (Detrended correspondence analysis, DCA)，觀察分類後的各樣區在環境梯度上的分化情形。
- C. 為理解不同調查樣區間優勢物種組成的相似程度，我們計算了樣區間木本層物種的 Sorensen 相似性指數，其計算公式如下：

$$S = [c / 0.5 (a + b)] * 100$$

(S：相似性指數，a：A 樣區的種數，b：B 樣區的種數，c：A

與 B 兩樣區共有的種數)

相似性的比較則以樣區所分布的不同海拔帶、南北坡向、筆筒樹罹病與否作為標準。

陽明山國家公園

第四節 科霍氏法則

壹、依據科霍氏法則的第一點與第二點，可疑病原常伴隨病徵之出現，且健康植株未發現病原；病原可被分離純化，且培養。針對健康及罹病植株，進行可人工培養病原微生物的分離、培養、鑑定，與植株接種。於野外採樣罹病植株時，記錄採集地點、罹病株健康狀況、樹高，以及胸徑寬等。於實驗室，利用無菌操作技術進行分離，微生物組織分離的流程，如圖 2-5、圖 2-7。

- 一、真菌分離部分，將樹狀莖以約每 20 公分之長度橫切分段，再將之縱剖觀察（圖 2-7），並無菌操作切下罹病組織之病健部，直接置於 1/4 馬鈴薯洋菜培養基（PDA, potato dextrose agar, Bacto）培養三至四天。之後繼代至水瓊脂培養基（WA, water agar, Bioshop），進行單菌絲之分離，最後以馬鈴薯洋菜培養基為培養介質，並加以保存（圖 2-5）。
- 二、細菌部分，切下罹病組織病健部後，以 1 毫升無菌水懸浮並均質後，接者以移植環沾取，在營養瓊脂培養基上進行劃線分離。
- 三、線蟲部分，主要方法分離方法為改良式柏門氏漏斗分離法（modified Baermann funnel method）。首先，將已切碎之罹病組織放在鋪有衛生紙的 60 孔目的網篩上，再將網篩以 45° 角度緩慢置放於直徑 7 公分的小漏斗中，以避免網篩底部產生氣泡。然後在漏斗下方接一以夾子封口的橡皮管，其下再接一指形管。接著，加入蒸餾水至稍蓋滿鐵網篩後，靜置 24 小時後，收集下方指形管中的線蟲懸浮液。

貳、科霍氏法則的第三點與第四點，分離純化後的病原重新接種回健康植株後，可引起相同病徵，並可由接種病株重新分離得到病原。分離鑑定病原後，認為主要病原為真菌，並以其為考量設計後續接種方法。接種材料可分為筆筒樹幼苗與成株，幼苗部分共四株，樹狀莖高約 20 公分，葉片約有 6 至 8 片，接種菌株為風櫃口罹病筆筒樹所分得到之真菌菌株。接種流程如圖 2-6，以電鑽鑽取直徑約 0.5 公分，深約 2 公分大小的小洞，塞入直徑同樣為 0.5 公

分，並已長滿接種菌株菌絲之 PDA 培養基三塊。之後，於洞口塞入脫脂棉，置於溫室中，定期澆水並觀察植株生長情形。此外，對照組樣品，同樣進行鑽洞，但不塞入 PDA 培養基，直接塞入脫脂棉，置於另一溫室中，同樣定期澆水觀察。

成株筆筒樹接種實驗中，經申請許可可在台大校園選取一位置獨立之一健康筆筒樹成株，於 2011 年 4 月進行之。該筆筒樹筆筒樹樹高約 3 公尺、胸徑寬約 12 公分。接種菌株為自陽金公路罹病筆筒樹分離之菌株 ym5i1。接種時，於生長點下方 20 至 30 公分處，分別鑽兩個深約 3 至 4 公分、直徑約 0.5 公分的小洞，兩個小洞間隔約 120°，每個小洞接種 4 個菌塊，接種後植株不進行人工澆水。

第二次成株接種實驗，接種材料來自陽明山國家公園萬溪地區及五子山產業道路之筆筒樹，移植成株十五棵筆筒樹，胸徑與樹高均相似，樹高約 1.5 公尺、胸徑寬約 10 公分，種植於台大植微系系館旁的花園。採集時，須將部分葉片移除，並移植於布袋中，待其新芽長出至三片葉，且生長勢恢復後，始進行後續接種實驗。

接種菌株挑選自萬溪罹病筆筒樹之分離株，並嘗試不同的接種方法。挑選菌株為 wx23 與 Lin2，接種方式分為接種菌絲塊與孢子液。接種源製備方式分為二，菌絲塊以 PDA 為介質培養菌株，待菌落長滿培養基後，利用直徑 0.5 公分打洞器製備；孢子液則以無菌操作收集孢子角，並以無菌水懸浮，並調整孢子濃度至 10^6 spores/ml。接種方式，菌絲塊接種時，於生長點下方 20 至 30 公分處，鑽深約 3 至 4 公分、直徑約 0.5 公分的小洞，並塞入三塊菌絲塊後，封上脫脂棉與抑菌黏土。孢子液接種則是斜鑽深約 3 公分、直徑約 0.5 公分的小洞，滴入 100 μ l 的孢子液，並同樣地封上脫脂棉與抑菌黏土，植株每日澆水觀察。

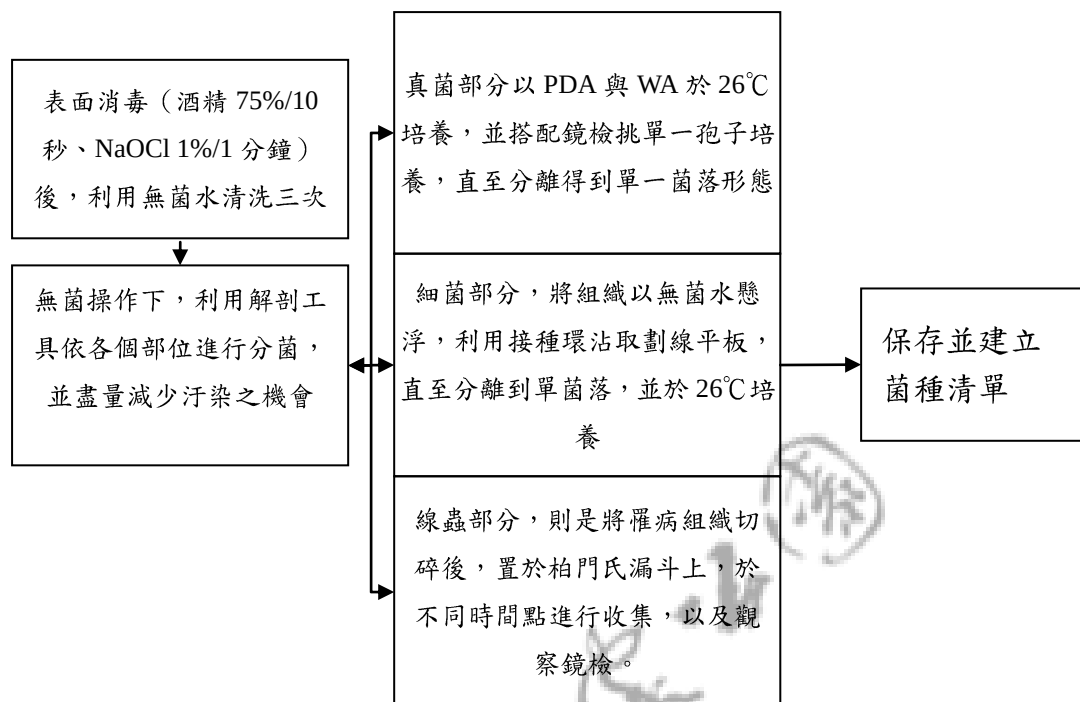


圖 2-5、自組織分離病原之流程。

（資料來源：本研究結果）

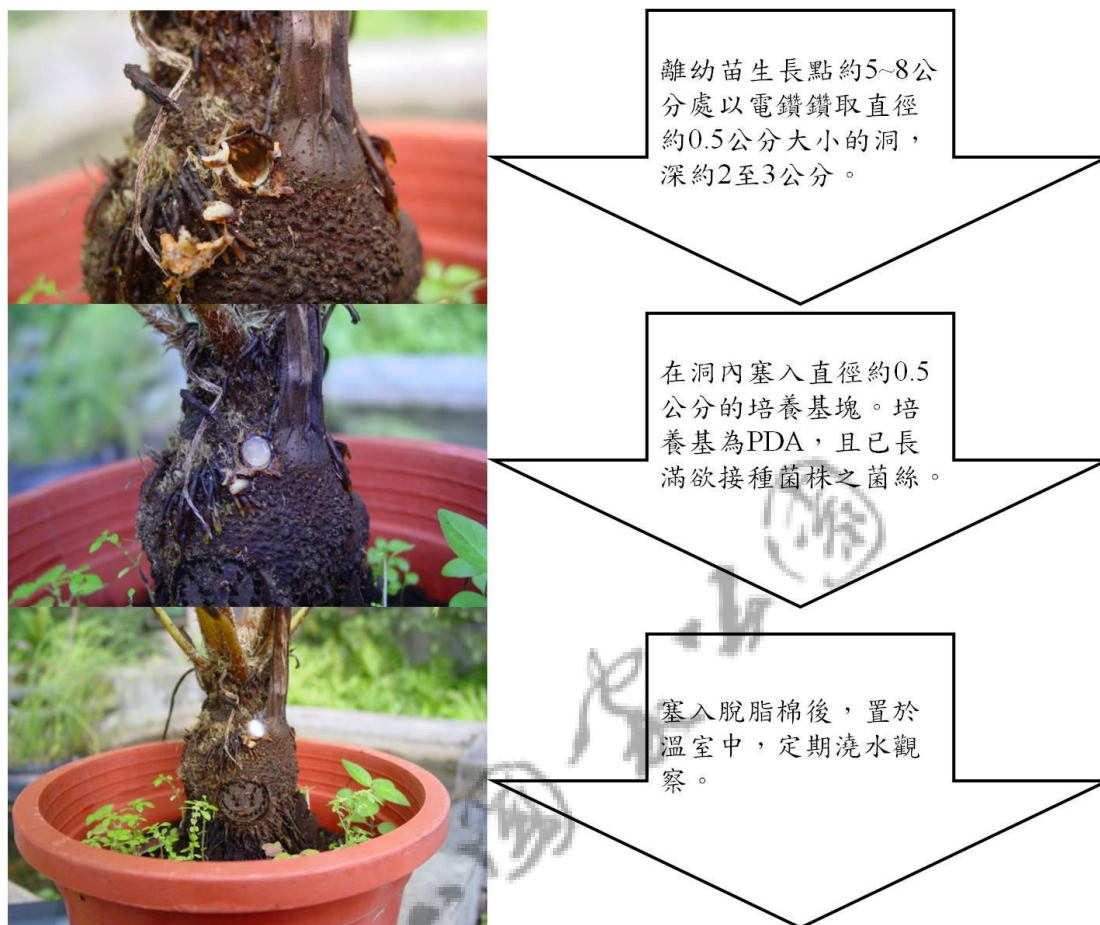


圖 2-6、筆筒樹幼苗接種示意圖。

（資料來源：本研究拍攝結果）

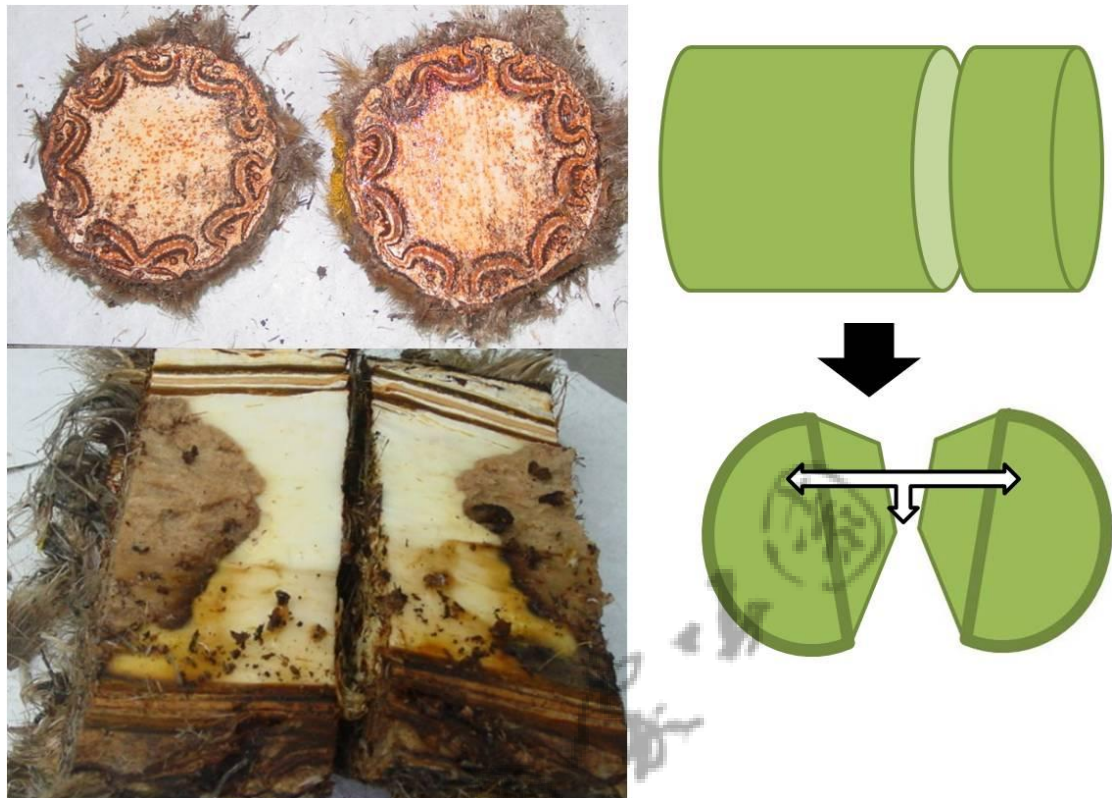


圖 2-7、罹病筆筒樹植株之採樣分菌流程。將筆筒樹莖部以約 20 公分橫切，分段後再將之縱剖，並注意其內部組織盡量不要接觸到外界。接著，將組織移至無菌操作台內，視其褐化之程度，選擇健康、病健部，及褐化軟腐部分作組織分離。

（資料來源：本研究拍攝結果）

第五節 病原鑑定

壹、筆筒樹真菌分離株之 DNA 萃取及分子鑑定

筆筒樹分離真菌的鑑定，乃先利用分子鑑定技術進行。在 DNA 萃取方法選定 CTAB 方法萃取，純化部份真菌之 DNA，並以洋菜膠體電泳，進行 DNA 產量與品質之分析。進一步地，針對保守性 rDNA 區域，Internal transcribed spacer (ITS) 序列進行 PCR 增幅，產物將進行定序及資料庫比對，以進行相關真菌分離株之鑑定。在菌株的菌絲液態培養與過濾中發現，部份菌株的培養液相當黏稠，推測含有相當高的多醣。，並已進行其

貳、筆筒樹真菌分離株之產孢誘導

對於疑似病原真菌的形態鑑定，因於 PDA 培養基上沒有產生產孢構造，因此嘗試使用不同的培養基誘導其產孢，以進行後續形態鑑定。誘導培養基，包含 OMA (oat meal agar)、MEA (malt extract agar)、Corn meal agar、Czapek dox agar，以及 1/4 PDA 培養基等，培養在 30°C、25°C、15°C 等不同溫度下，並使用不同的 NUV (near ultra violet) 光源下，進行培養。

初步誘導實驗結果，產孢程度未如預期，故亦嘗試利用筆筒樹植體作為培養源，進行誘導。目前使用兩種方法，一是將筆筒樹樹狀莖髓部與生長點較幼嫩的組織切碎後，取 50 g 並加入 500 ml 的二次蒸餾水均質後，以 0.22 μ m 無菌膜過濾。之後，取此汁液配製 PDA 或是直接加入洋菜膠體固化使用。二是將筆筒樹樹狀莖去毛切塊，大小約 4 cm $\times$ 2 cm $\times$ 1 cm，每塊包含髓部、維管束、樹皮，之後進行高壓高溫滅菌兩次，每次二十分鐘，置於無菌培養皿中央，隨後並倒入 1/4 PDA 薄層，藉以固定植體與進行接種。

第六節 筆筒樹維管束觀察及灌注測試

壹、筆筒樹維管束觀察

為瞭解筆筒樹致死之原因，根據初步之觀察，設計下列實驗進行探討。首先，假設筆筒樹是因為病原菌侵染，導致莖部組織病變，致使水分輸送受阻，因而造成萎凋死亡，若人為阻斷水份輸送，是否會造成類似病徵；因此，選用適當大小之白鐵片，打入樹狀莖內，深入阻斷維管束，觀察後續反應。第一批實驗材料為筆筒樹幼苗，除了阻斷實驗外，亦進行溫度與水分之對照處理。首先，取六株幼苗進行三組處理，其中三株為對照組，每組幼苗之樹狀莖約有 20 至 30 公分高，直徑約 5 至 7 公分。取一 2 x 5 公分大小的白鐵片，嵌入幼苗生長點下約 3 公分處，深入約 2 公分。一組置於 32°C（模擬陽明山七月當月最高溫）生長箱，每天澆水約 100 毫升；一組置於溫室，平常溫度約 26°C，每天澆水 100 毫升；一組置於專門種植蕨類的溫室，早上、中午，及傍晚均會定時灑水。

貳、灌注器使用評估

為進行筆筒樹水分輸導觀察，取筆筒樹健康莖段部分。首先利用電鑽在一節約 30 公分筆筒樹莖段中間約 15 公分處，鑽取適當大小的小洞（半徑 0.5 公分，深約 2 至 3 公分），再使用灌注器灌注食用色素溶液，觀察其相對位置上下部位是否有色素流出。此測試實驗結果，可做為未來防治方法之參考，而灌注器之使用，將可減少環境之汙染及藥劑之用量，增加防治之效益。

第七節 防治藥劑之篩選與施用測試

壹、防治藥劑之篩選

針對從筆筒樹分離到的嫌疑病原真菌，亦進行防治藥劑之篩選試驗，擬找出能有效進行防治筆筒樹萎凋病之適當藥劑。嫌疑病原真菌經分子鑑定，屬於子囊菌黑腐皮殼菌科之真菌，進一步查詢此類真菌在其他作物之施藥種類作為參考，並進行藥劑之篩選與測試。測試防治藥劑種類，包括腐絕（thiabendazole）、免賴德（benomyl）、撲滅寧（procymidone）、嘉賜黴素（kasugamycin）、鋅錳乃浦（mancozeb）、亞賜圃（isoprothiolane）、依普同（iprodione），以及四氯異苯腈（chlorothalonil）等。

防治藥劑篩選之方法，首先將待測菌株預先培養在 PDA 上，再使用直徑 0.4 mm 的打洞器，製備圓形均勻大小的接種菌絲塊。接著，於直徑 9 公分 PDA 培養基的中央，接種菌絲塊，之後再於半徑三公分處分別放置三到四片，直徑約 0.4 公分並含待測藥劑之濾紙片。最後，靜置於 28℃ 生長箱培養，定期觀察及標定生長情形。使用菌株主要是由萬溪地區與陽金公路分離得到之病原真菌。另外，亦包括兩株子囊菌作為正對照組，以及無藥劑處理的真菌生長負對照組，已進行比對。大部分藥劑之配製，比照田間施用方式以水配製，其中僅腐絕及腐絕純品（thiabendazole），利用 DMSO 作為溶劑，進行配製。

貳、防治藥劑之施用方法

施用藥劑的方法目前可分為三種，一為針對單株筆筒樹進行噴灑，但因筆筒樹多位於溪谷近水源區域，此法恐較不適用。二為使用高壓灌注筒，優點是對周遭環境影響較小，缺點則是遇高壓力之水柱可能對筆筒樹造成傷害。其施行方法為在筆筒樹莖基部或是病健部，鑽取直徑符合灌注頭大小之小洞，深約 2 至 3 公分，於灌注筒注入藥劑施壓後，將注頭塞入注入孔，轉開閥門，進行灌注。三為擴散法，此法曾在榆樹萎凋病等樹木病害上之使用，利用槌子敲打病株嘗試辨識

樹幹之音變，藉以尋找病健部與腐爛部位，於病部下方斜向鑽取直徑 0.5 公分之小洞，深約 4 至 5 公分，滴入高濃度的防治藥劑約 1 至 1.5 毫升，塞入無菌脫脂棉，並於傷口封上抑菌黏土（圖 2-9）。於 2011 年 7 月 14 日，在國家公園境內萬溪產業道路及五子山產業道路旁，挑選初期病徵之筆筒樹進行防治測試，使用方法為擴散法，藥劑配方為 2% Thibendazole 純品溶於 80% DMSO 溶液。因無法排除高濃度藥劑對筆筒樹造成藥害之可能性，故亦選取一健康筆筒樹施用藥劑作為對照組。



圖 2-8、擴散法投藥示意圖。利用槌子敲打樹幹嘗試辨識樹幹音變之部位，若發現疑似發病部位，於其下方斜鑽一小孔，注入高濃度防治藥劑，並封上脫脂棉與抑菌黏土。

（資料來源：本研究實驗結果）

第八節 監測樣區

壹、筆筒樹病害監測樣區之設置

依據 2010 年車道調查結果 (圖 2-10)，尋找筆筒樹高族群密度區域，發病率分別為高、低，或完全沒發病等地區，設置監測樣區。樣區設置於道路或步道之兩旁，挑選易於觀測之筆筒樹並漆上編號，利用 GPS 定位後，記錄其健康狀況，並拍攝相片留存。之後，利用 GIS (geographic information system)，除了於陽明山國家公園內標示樣區之位置外，亦標定每株筆筒樹在樣區內空間上的相對位置，以利後續發病傳播擴散之分析。樣區大小不一，以筆筒樹聚集情形與病株位置做為劃定依據，樣區內筆筒樹的數量約從由 20 至 60 棵不等。

貳、病害監測訓練及實施

基於野外的觀察及初步研究結果，認為有必要於夏天病害好發之季節，進行密集監測。於 2011 年 7 月 15 日，舉辦陽明山筆筒樹樣區監測計畫志工教育訓練，參與志工計有周華、黃世月、蔡木林、莊平男、陳鶴標，及關吳水鈺等志工老師。主要訓練內容，包括介紹筆筒樹基本背景知識，近年發病之狀況，並說明未來監測之目的、計畫及方法，最後與志工老師一同前往樣區，進行現地檢核說明。本監測計畫集合志工人力進行監測，期藉由收集完整野外發病資料，協助釐清病害擴散之機制。樣區設置數目為 20 個，將所有樣區大致畫分為三區，陽金公路前段、後段，以及萬溪地區。將六名志工老師分為三組，每組負責監測固定樣區，並且每組分工每人約隔週進行監測一次。志工監測時程自 2011 年 7 月 20 日開始，至十月底結束，監測結果每週定期回報。記錄方式依照樣木編碼，填上不同時間點之健康狀況 (圖 2-11)。依萎凋嚴重程度可分為初期、中期、以及末期，0 表示健康，1 表示出現初期病徵，2 表示中期病徵，3 表示末期病徵。初期感染之筆筒樹，其感染病葉呈紅褐色，與健康之綠葉有明顯分別，且病葉佔全株葉片數目一半以下。病葉佔總葉片數之一半者，屬於中期病徵；末期病株則為超過一半之葉片紅褐化，且乾枯萎凋。

參、陽明山國家公園近十年氣候分析

陽明山地區之筆筒樹，於近年來陸續出現感染及死亡之現象，考量可能致病因子，並挑選其中較為可能之環境因子進行實驗與分析。近年來，大眾與研究者所熟知之溫室效應致使溫度上升之現象，使研究者相當關心對於此一部分可能產生之效應。目前，對於環境氣溫改變下所產生之致病性影響，試透過分析陽明山地區之微環境氣象資料，釐清筆筒樹萎凋病與氣溫變溫之關係，特別是陽明山地區開始產生病死株之近年（2008 年至 2010 年）間，是否得以呈現氣溫變異與植株發病之正相關。

陽明山地區之氣象資料，其中之逐日逐時資料，實為本研究所必須之主要分析實底。拜中央氣象局以及各地球科學相關學術研究單位，於早年即啟始觀測大臺北地區之氣溫、雨量等氣象資料，質與量方面皆能穩定提供研究所需之數據資料以供分析。目前隸屬於行政院國家科學委員會，國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心之下的大氣研究資料庫，為本研究資料之主要來源。該資料庫廣蒐台灣地區各局屬及自動測站之氣象資料，並提供簡便的工具以利使用者查詢。該資料庫所提供之資料本身屬於未經處理之原始資料，附上處理格式以及方法等訊息，供使用者以資料庫軟體進行後續之處理，並以其完整性以供不同面向的研究自行客製化其所需之資料內容。

本研究所採用的中央氣象局陽明山地區之局屬測站，分別為站號 466910 之鞍部氣象站，以及站號 466930 之竹子湖氣象站，其詳細資料如表一所述。於大氣資料庫中蒐集自 2000 年至 2010 年間逐日、逐時之氣象資料，並依照資料庫所提供之原始資料格式，利用 Microsoft Access 資料庫軟體處理後，抽取所需之年月日時間、日均溫、日最高溫及日最低溫資料等等。取出之資料透過整理及匯出之步驟後，兩側站之資料一併匯入統計軟體 SPSS 中進行年度之月份分群、季節分群 Two-Way ANOVA，使用 Duncan 進行後檢定，以利分析不同年份間，於月份間及季節間各類型氣溫特性之變異，並由此結果檢視近年氣溫變化之程度以及

推論氣溫對於陽明山地區筆筒樹發病率之關聯性。

陽明山國家公園

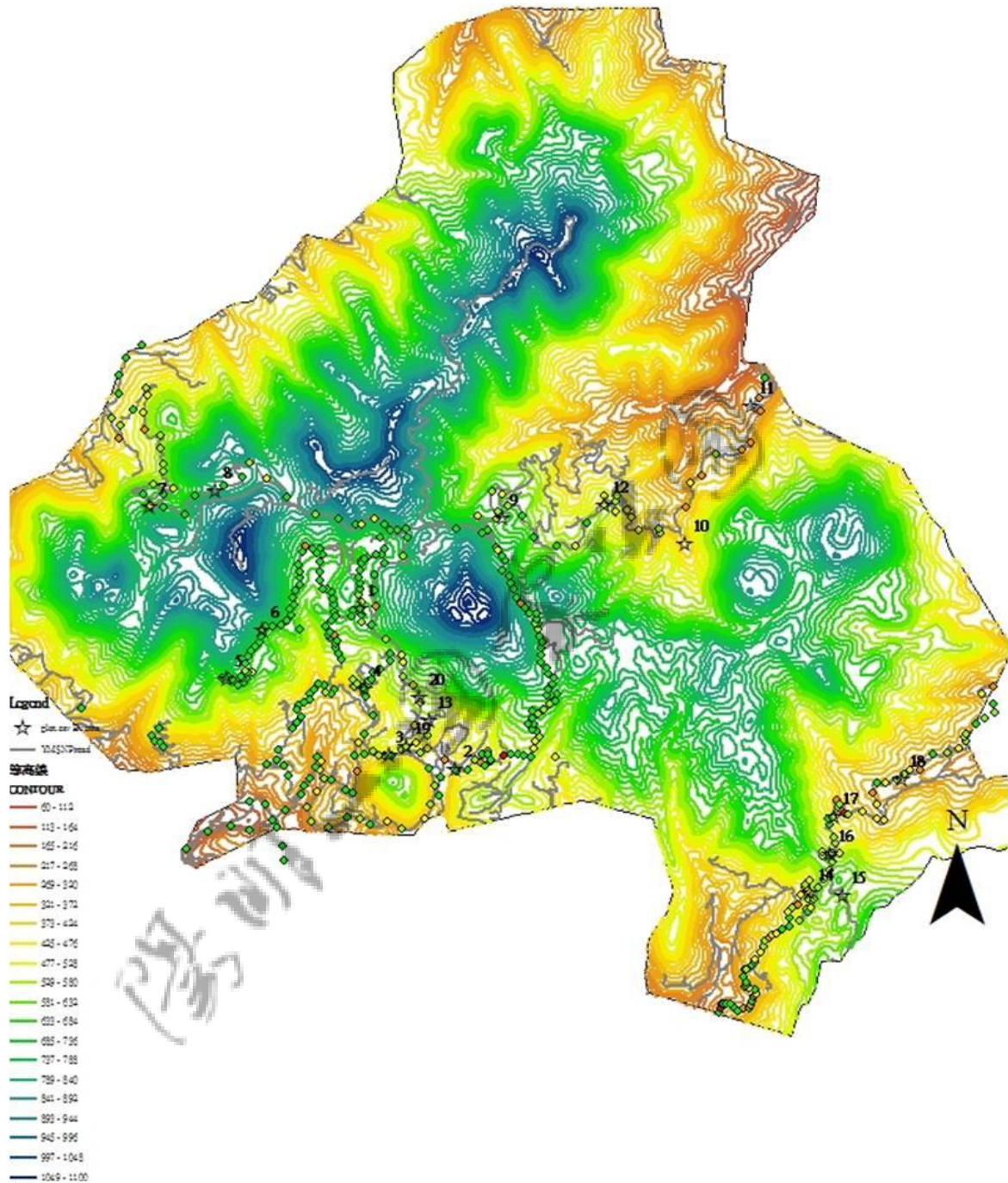


圖 2-9、2011 年陽明山國家公園筆筒樹監測樣區之分布位置與 2010 年全區車道筆筒樹病害調查。根據 2010 年調查結果，依筆筒樹族群密度及發病狀況等考量，設置 2011 年監測樣區。

（資料來源：本研究調查結果）

陽明山國家公園筆筒樹萎凋病監測紀錄表											
監測樣區編號：_____						監測人員：_____					
監測時期：_____											
樣木編號											備註
1	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
2	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
3	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
4	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
5	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
6	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
7	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
8	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
9	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
10	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

健康狀態圖示說明：

以 ☐ 正常 ☒ 出現初期病徵 ☒ 出現中期病徵 ☒ 進入末期階段

健康狀態圖例：

*遇有無法判斷情形，請拍照並上傳照片。檔名請依“樣木編號+日期+流水號(1碼)”原則訂定照片檔名上傳。

圖 2-10、筆筒樹監測樣區之紀錄表。

(資料來源：本研究調查繪製)

第三章 結果

第一節 正射空照影像判釋陽明山國家公園內筆筒樹之位置

壹、建置筆筒樹立木圖：

將正射航照影像顯示於螢幕上，由經過筆筒樹影像特徵訓練的操作人員，瞭解確認筆筒樹於正射航照影像上的特徵，之後即可依據此特徵，於正射影像上逐一判釋筆筒樹，並在確認為筆筒樹時，即加以標註定位，在螢幕數化其立木位置。數化所得的立木位置點位，都將統一放置到筆筒樹立木圖層(圖 3-1)。進一步全面分析，可得到陽明山國家公園筆筒樹全區分布圖(圖 3-2)，並做為杪欏科植物空間資料庫的主要部份。於筆筒樹判釋標準影像建立後，使用由陽明山國家公園管理處提供的 97 年陽明山全區正射空照影像，經由其特殊的樹冠形狀影像，在螢幕上以肉眼進行判釋，進行筆筒樹點位標定。經逐一進行標定，目前標定陽明山全區境內共有 41482 棵成株筆筒樹(圖 3-3)。在標定過程中，確定為筆筒樹的影像，在標定上並無問題，但其他因山區陰影、雲霧，以及正射圖像接縫等之干擾，造成部份區域影像判釋不易，有可能誤判或遺漏標定，而這些都需要再輔以實際現場探勘，並搭配 GPS，進行筆筒樹現場檢核定位。

貳、筆筒樹立木現地檢核：

將已建立的筆筒樹立木圖層，配合其他 GIS 圖層，輸出成為圖紙或將所有圖層放入載有 GIS 軟體的 PDA 帶至野外，檢查所得數化筆筒樹立木位置的正確性，同時亦在現場檢核是否有遺漏數化的筆筒樹，將其定位並輸入筆筒樹立木圖層內。現地檢核時，以陽明山國家公園內的車道及步道周邊為檢核之主要路線，並且藉由展望良好之制高點，進行檢核。依據一般影像判釋的經驗，若筆筒樹位於林下，上層有其他樹冠覆蓋，將無法從正射航照中判釋出來，這將有賴於現地檢核加以補實。在現地檢核時，發現其他杪欏科

植物時，亦將其加以定位，並註記其種類，將其鍵入其他杪欏科植物立木位置圖。另外，在現場亦特別檢視有無罹病（含死亡）的筆筒樹，如果已經有標註定位的筆筒樹罹病或死亡，記錄其罹病或死亡情形，做為後續追蹤之依據。罹病或死亡筆筒樹在影像上無法判斷出來，但在現場可以確認者，將予以定位，納入筆筒樹立木圖層中。經現地檢核之後，最後產生健康與罹病（含死亡）筆筒樹之立木圖，及其他杪欏科植物的立木位置圖，共同構成杪欏科植物空間資料庫，並彙入陽明山國家公園管理處「自然資源資料庫系統」，做為後續觀察分析之用。

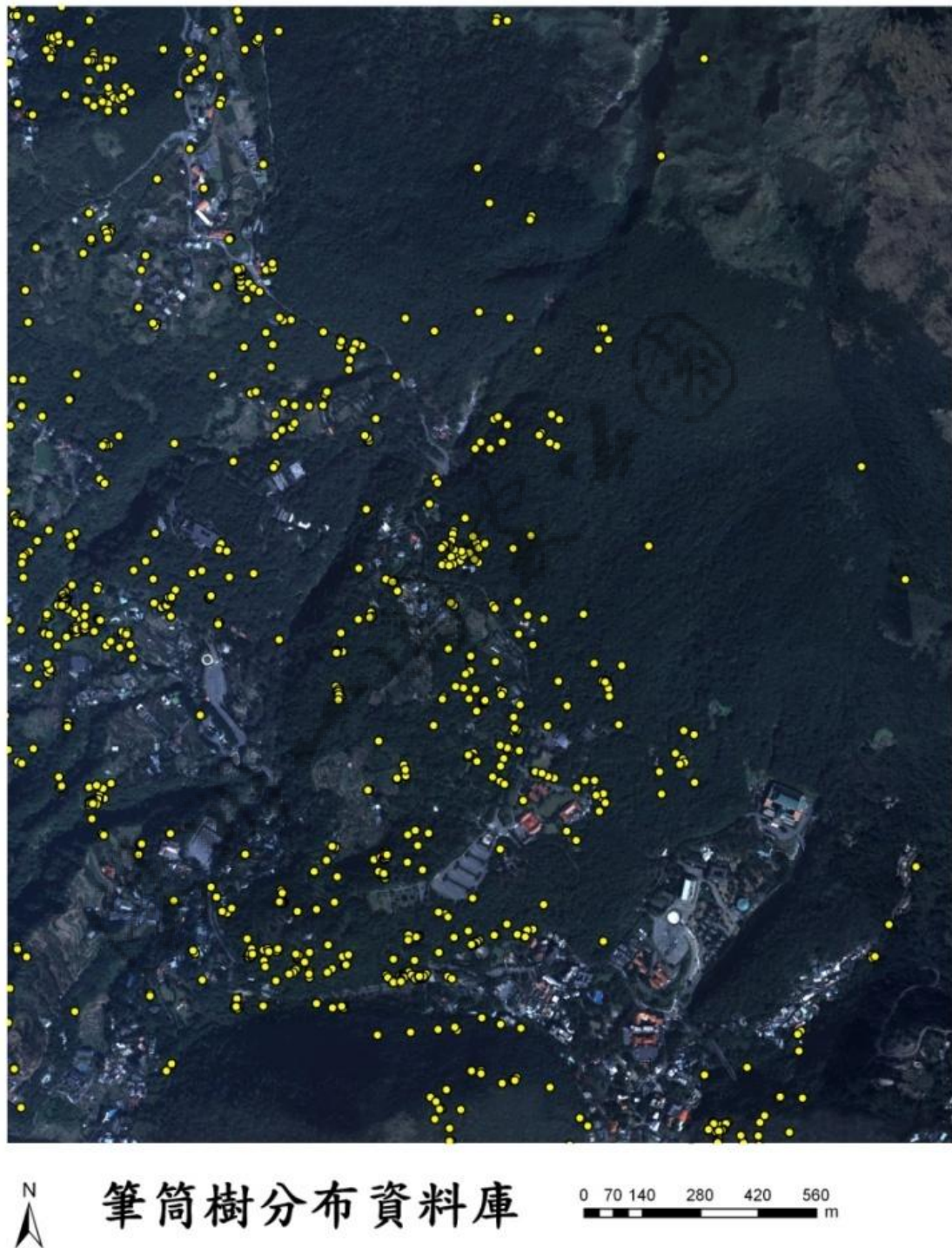


圖 3-1、陽明山國家公園管理處鄰近之空照正射圖與筆筒樹之立木分布圖。

（資料來源：本研究調查結果）

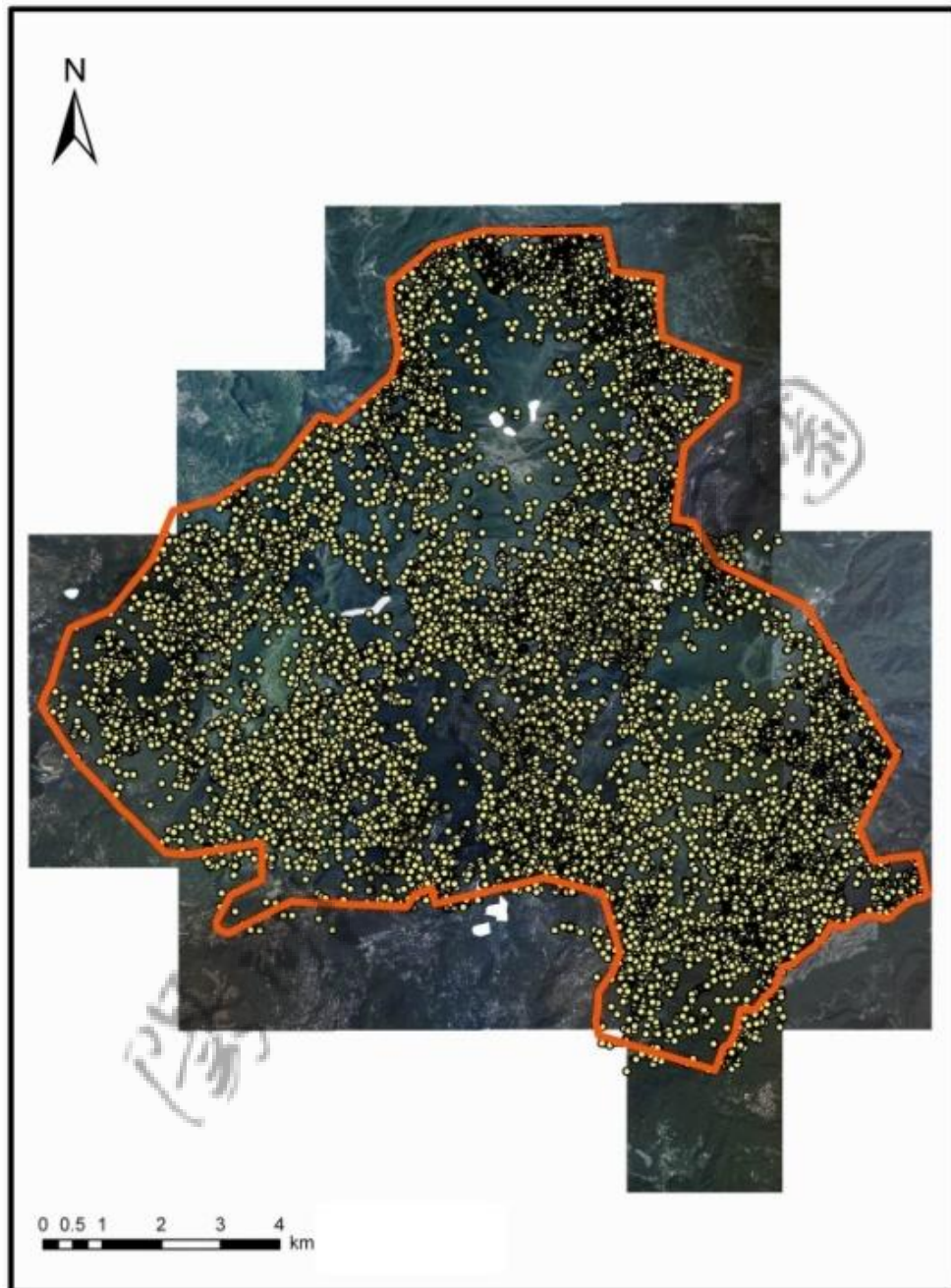


圖 3-2、陽明山國家公園全區筆筒樹之立木分布圖。經由空照圖之判釋，可得到筆筒樹之全區分布，初估全區至少有 41482 棵成株筆筒樹（黃點）。

（資料來源：本研究調查結果）

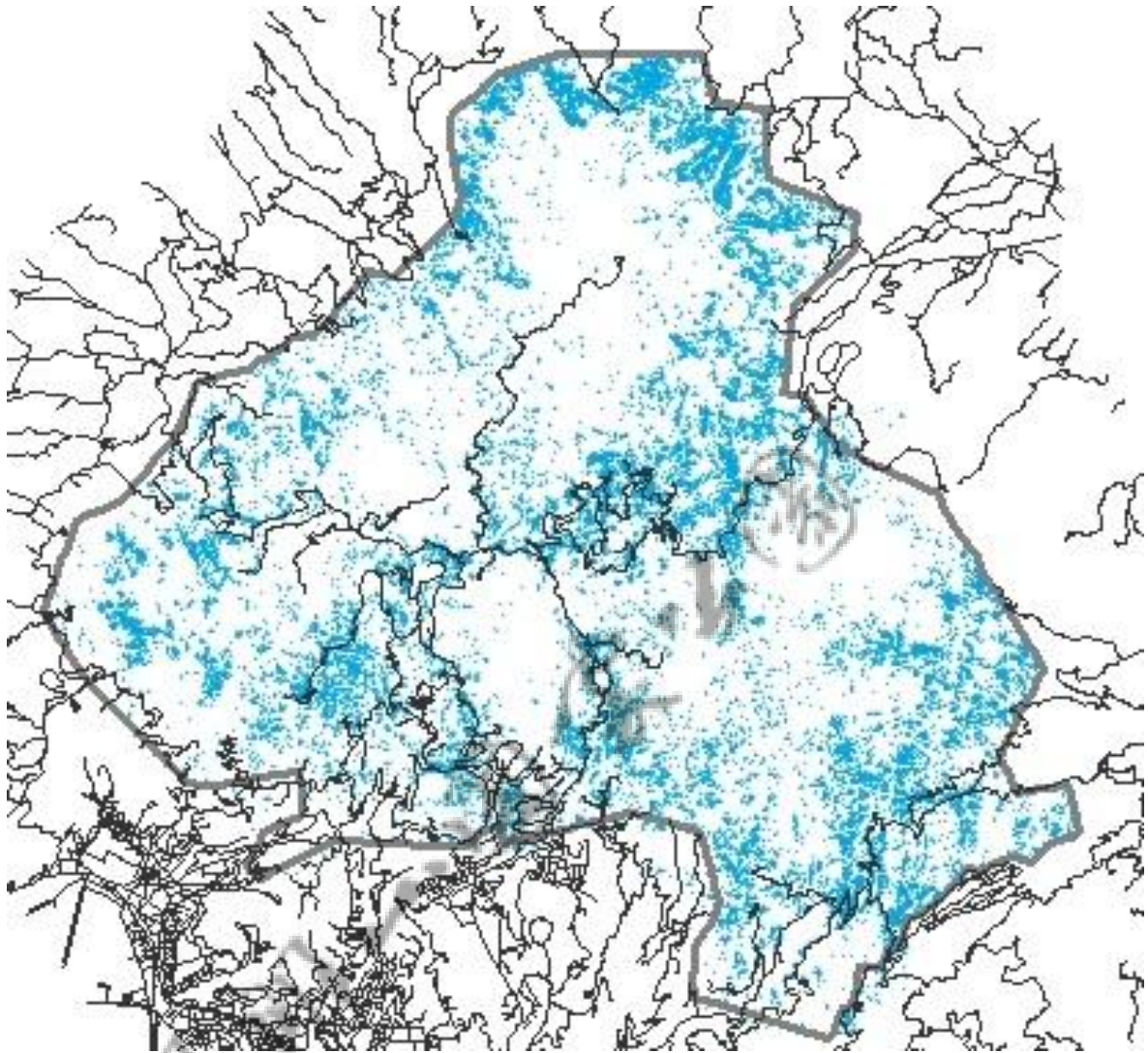


圖 3-3、陽明山國家公園全區筆筒樹之立木分布密度圖。其中藍點，即為筆筒樹之分布位置，黑線為區內主要道路，灰線則為國家公園邊界。

（資料來源：本研究調查結果）

第二節 筆筒樹棲地特性分析

壹、棲地偏好性分析

數值地形模型之分析之發現，陽明山國家公園介於海拔 55 至 1104 公尺（圖 3-4），其 DTM 圖，及所據以產生的坡向、坡率及流量累積分析結果，如圖所示（圖 3-5 至 3-7）。其中，流量累積圖計算出來之後，依據其累積數值分布情形，劃分為 9 個等級（圖 3-7）。最後，將各個不同棲地變數於國家公園範圍內之分布比例，及所標定筆筒樹株數的分布比例結果，顯示於表 3-1。同時與各個棲地變數分布比例進行卡方檢定時，皆具有顯著差異，顯示筆筒樹株數分布比例與棲地分布比例，是有所不同的。

表 3-1 中顯示，筆筒樹於海拔 200 公尺以上，其株數分布比例已顯著高於海拔分布之比例，且此現象僅維持至海拔 600 公尺以下。超過 600 公尺時，筆筒樹的株數分布比例均低於海拔分布比例，此顯示筆筒樹顯著分布集中於海拔 200 至 600 公尺的範圍內，其比例高達 72.39%。若海拔範圍上限提高至 700 公尺，則株數分布比例達 87.32%，至 800 公尺，則株數分布比例達 95.58%，顯示筆筒樹在陽明山國家公園內，雖然四處可見其分布，但主要集中分布於海拔 200 至 800 公尺的範圍內。

在坡率方面，顯示筆筒樹分布主要集中分布於坡率 20%至 50%的中度坡率部份，其株數比例高達 64%，但其與坡率本身的分布比例（60.41%）差異不大。因此，雖然卡分檢定顯著，但分析其僅在坡率 30 至 50%間，其株數分布比例略高於坡率分布比例，顯示筆筒樹略偏好分布於中度坡率之地形。

在坡向方面，筆筒樹株數分布顯著集中於平坦地、北向及東北向，其比例高達 49.81%，相對於此三坡向的原分布比例（40.68%）要高出約 9%，顯示確實偏好分布於此三坡向。反之，在南、西南及西向方面，筆筒樹株數分布比例（21.90%），顯著低於此三坡向的原分布比例（29.25%），顯示筆

筒樹較不喜好分布於此三坡向。此結果對照陽明山國家公園內，北向及東北向本就較為潮濕，而南、西南及西向較為乾燥，確實與筆筒樹的棲地偏好，相當吻合。

在地形位置部份主要藉由流量累積的概念，來表現溪谷至稜線的梯度變化。首先，累積流量為零，表示沒有任何一點的流量流入，而是完全流出，這代表位於稜線地帶，其筆筒樹的株數分布比例（15.72%），低於原有分布比例（19.21%），顯示筆筒樹不偏好分布於稜線上。另外，隨著累積流量值越高，筆筒樹的株數分布比例都略高於原有分布比例，但在最高的累積流量級，亦即溪谷地帶，反而略低於原有分布比例，似乎與筆筒樹偏好分布於溪谷有所衝突。但若細究累積流量高的區域內，事實上包含有真正的廣義水域地帶（含河面、河床地），因此，其實際可以提供植物分布的區域必定小於原有的分布比例（23.01%）。若進一步以累積流量大於 30 者為廣義水域部份，其所佔比例約有 8.84%，假設這些區域不適於植物分布，其近溪谷分布比例，則由 23.01% 降至 14.17%，此時筆筒樹的株數分布比例（22.46%），則顯著高出有 8.29%，顯示筆筒樹確實是偏好分布於溪谷地帶。

綜合以上分析，大致可以歸納出以下結論，陽明山國家公園內筆筒樹偏好分布於海拔 200 至 800 公尺、中度坡率、平坦地、北向及東北向與溪谷地帶。

貳、人為干擾分析

運用 GIS 的鄰近分析功能，可區劃出距離道路 100 公尺的道路邊緣區域，總計國家公園內此種道路邊緣區域約有 4033.39 公頃，約為全國家公園面積的 35.49%。進一步計算分析，此道路邊緣區域的筆筒樹有 15086 株，株數分布比例為 33.47%，略低於其道路邊緣區域面積比例，顯示筆筒樹並未特別偏好分布於道路邊緣（圖 3-8）。但是仔細分析道路邊緣區域的筆筒樹（橘色點位）顯示，在某些路段如陽金公路中段與萬溪產業道路等道路邊緣，

有顯著集中的情形，此一空間分布特性，將於未來進一步加以探討。

參、筆筒樹之分布海拔與坡度

過去許多文獻指出，筆筒樹多分布在海拔 1800 公尺以下的森林，且常生長於山谷或潮溼處。1995 年黃曜謀等人針對蘇澳山區筆筒樹進行植群分析，結果顯示其分布密度與土壤含水率及坡度呈正相關，樹高受坡度及全天光空域影響。但本研究經由空照圖與數值地形模型分析的結果顯示，陽明山筆筒樹分布海拔平均 488.48 公尺（圖 3-9），坡度平均 19.74 度（圖 3-9）。陽明山地區的筆筒樹分布與過去文獻相較，其分布海拔相對來說低了許多，目前推測此種現象的可能原因有二，一為陽明山在海拔 1000 公尺左右的地區多為草原，並不是筆筒樹喜好生長的環境；二為陽明山因其他因素，導致境內海拔高於 700 公尺的區域，不適合筆筒樹之生長。

在各方位坡面之密度則以北面、東北面、東面為高（圖 3-9、圖 3-10）。此外，正射圖拍攝的時間點不同，而造成陽光照射角度的不同，使特定坡面陰影特別多，對此項統計資料，亦有一定的誤差。

肆、水文

根據數值地形模型分析得到的流量累積，地形愈陡流量累積愈低，地形越是平坦，流量累積越高；同時具有流量累積之地區，常為溪谷或河川。在溪谷確實具有較多筆筒樹的分布，而筆筒樹在稜線上，則無分布。

表 3-1、筆筒樹棲地特性之分析。

海拔級	海拔比例	株數 比例	坡率級	坡率比例	株數比例	坡向級	坡向比例	株數比例	地形 位置級	地形 位置比例	株數 比例
<200	2.17%	1.78%	<10%	3.90%	3.12%	平	9.12%	11.33%	0	19.21%	15.72%
200-300	6.37%	8.13%	10-20	12.68%	10.92%	N	21.04%	24.18%	0-1	16.03%	16.54%
300-400	13.52%	18.74%	20-30%	21.84%	21.12%	NE	10.52%	14.30%	1-2	12.66%	13.27%
400-500	17.40%	25.96%	30-40%	21.46%	24.05%	E	10.33%	10.38%	2-3	9.55%	10.71%
500-600	16.73%	19.56%	40-50%	17.11%	18.84%	SE	9.30%	9.04%	3-4	7.07%	7.92%
600-700	14.97%	14.93%	50-60%	12.22%	12.88%	S	9.00%	7.75%	4-5	5.39%	5.80%
700-800	14.51%	8.26%	60-70%	7.05%	6.89%	SW	9.40%	6.38%	5-6	3.90%	4.19%
800-900	8.94%	2.22%	70-80%	2.80%	1.57%	W	10.85%	7.77%	6-7	3.18%	3.39%
>900	5.39%	0.42%	>80%	0.95%	0.62%	NW	10.45%	8.87%	>7	23.01%	22.46%

(資料來源：本研究調查結果)

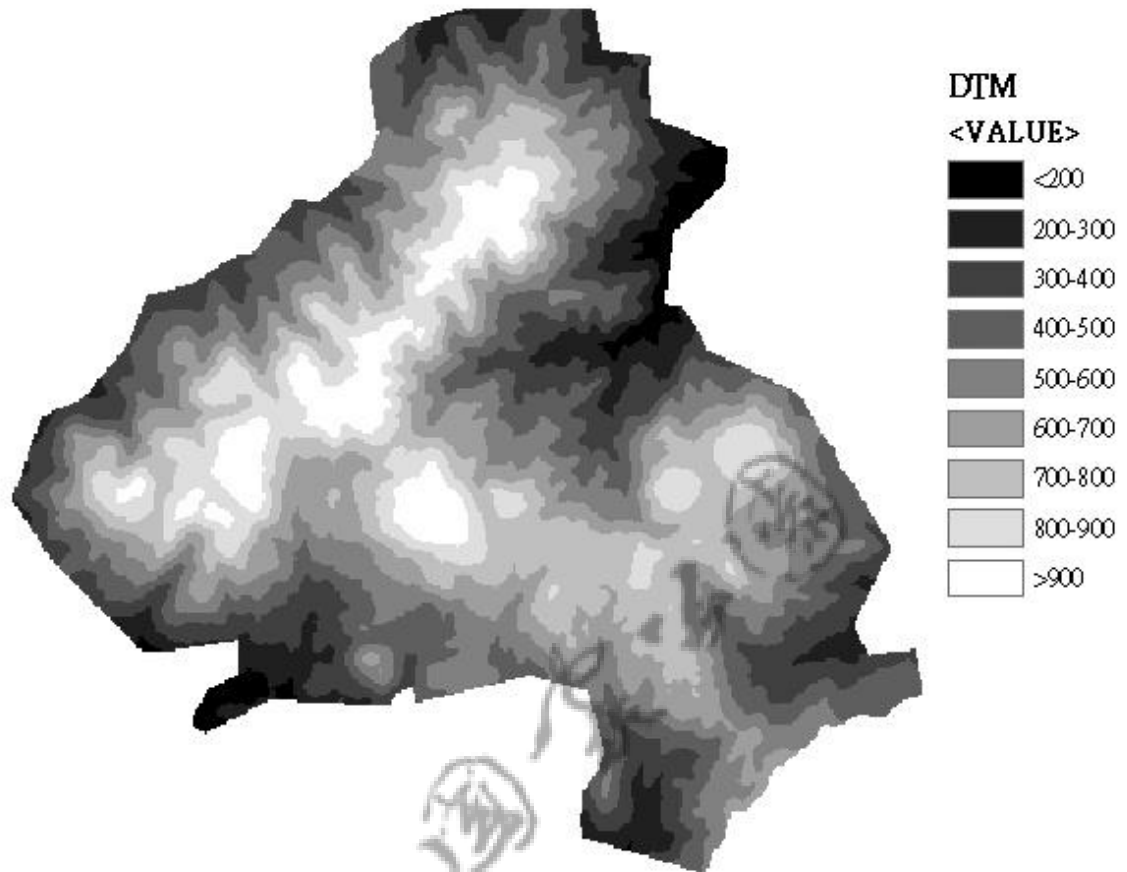


圖 3-4、陽明山國家公園之數值地形模型（Digital Terrain Model，DTM）。利用高精度 2 公尺為間隔之等高線，所建立的數值地形模型，顏色越淺處，表示海拔越高；反之，海拔越低，可進一步進行多用途的地形分析。

（資料來源：本研究調查結果）

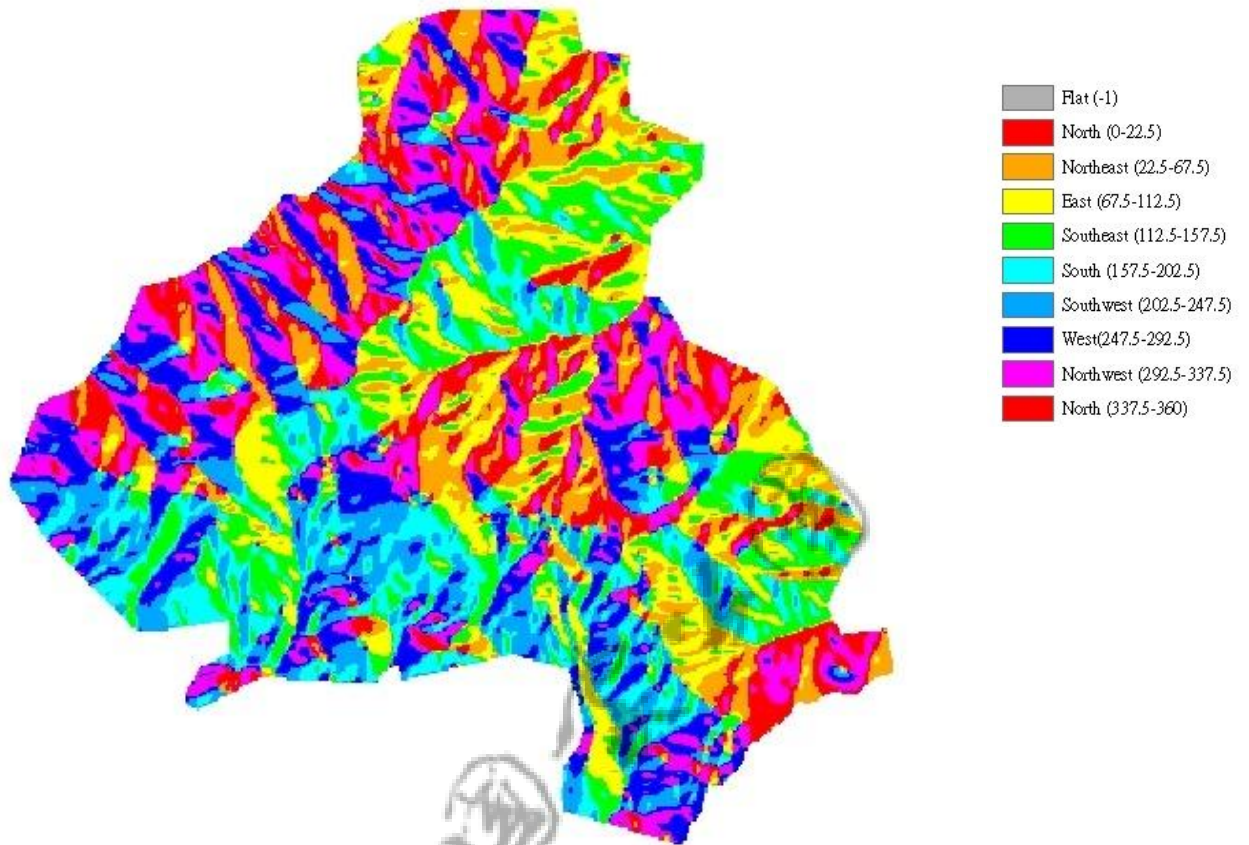


圖 3-5、陽明山國家公園之坡向圖。利用數值地形模型所產生的坡向圖，分為八個方向：東（黃）、東南（綠）、南（水藍）、西南（藍）、西（靛）、西北（桃紅）、北（紅）、東北（橙），以及平地（灰）。

（資料來源：本研究調查結果）

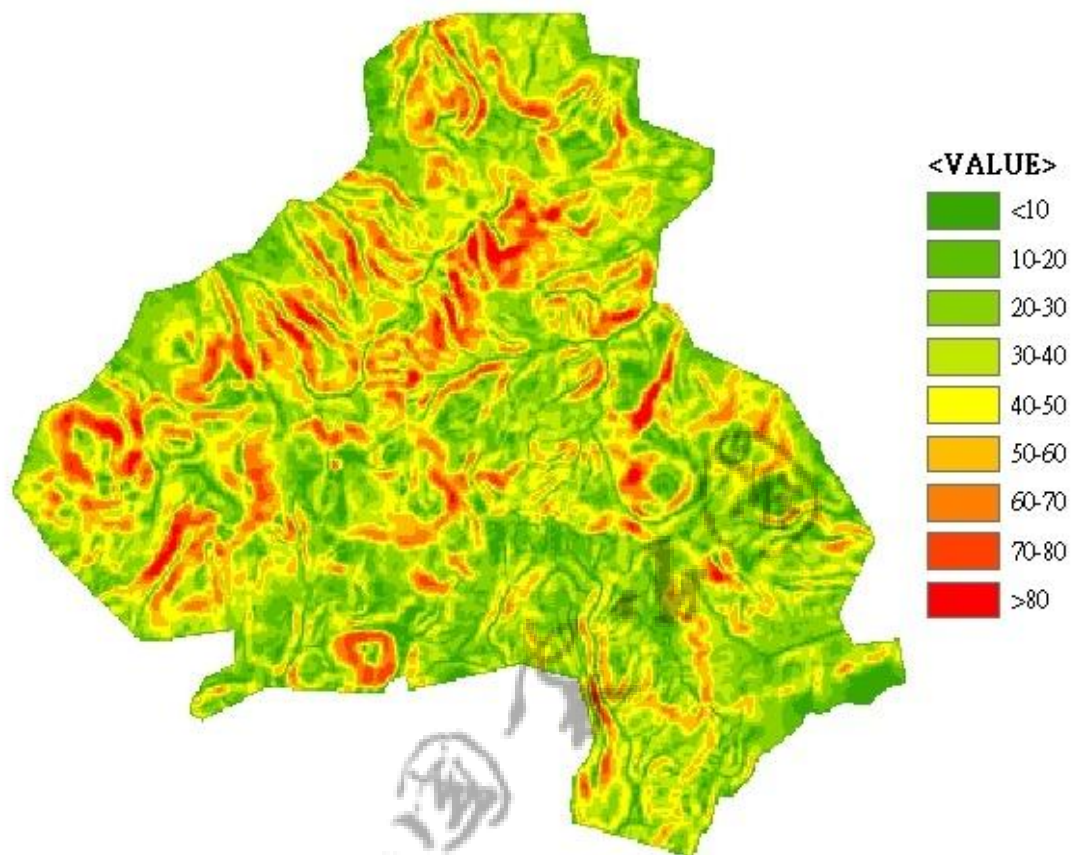


圖 3-6、陽明山國家公園之坡率圖。坡率為高度與水平的比值，顏色越偏向紅色者，表示地形越為陡峭；反之，顏色越偏綠色者，表示地形越趨平緩。

（資料來源：本研究調查結果）

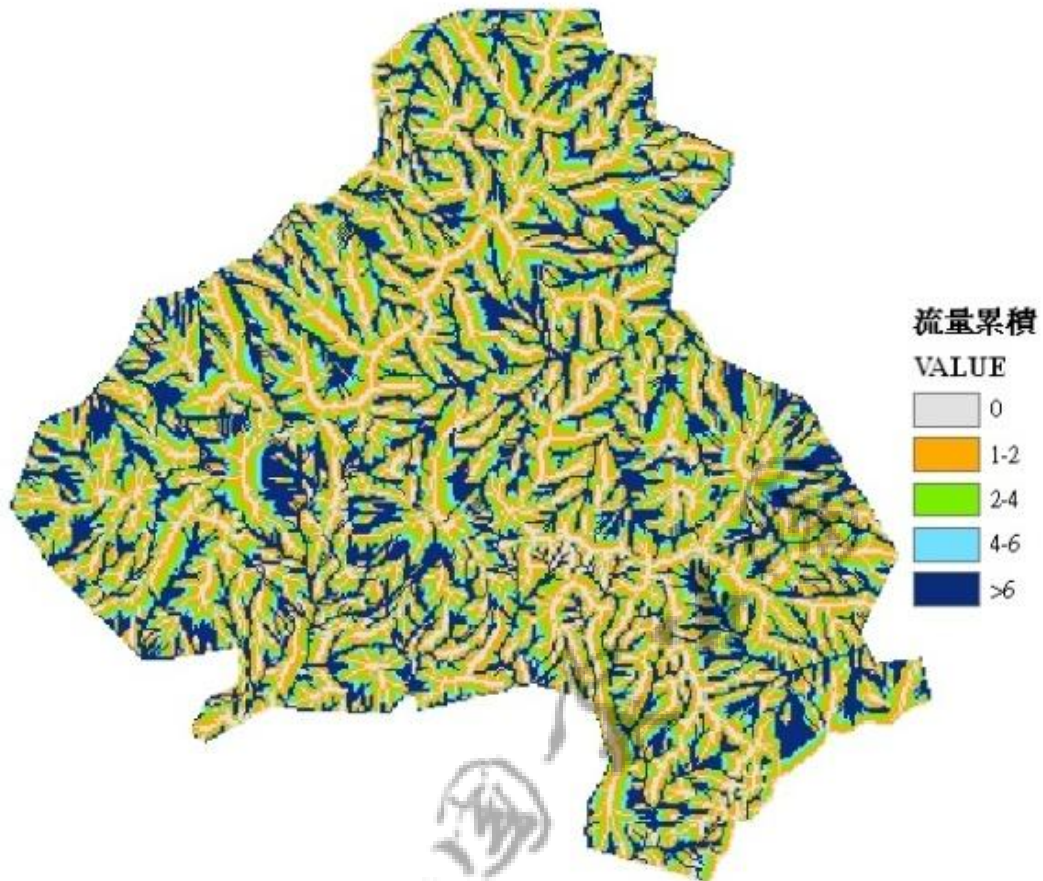


圖 3-7、陽明山國家公園之流量累積圖。地形位置部份，主要藉由流量累積的概念，來表現溪谷至稜線的梯度變化，例如累積流量為零，表示沒有任何一點的流量流入，而是完全流出的，這代表地形位置位於稜線地帶。

（資料來源：本研究調查結果）

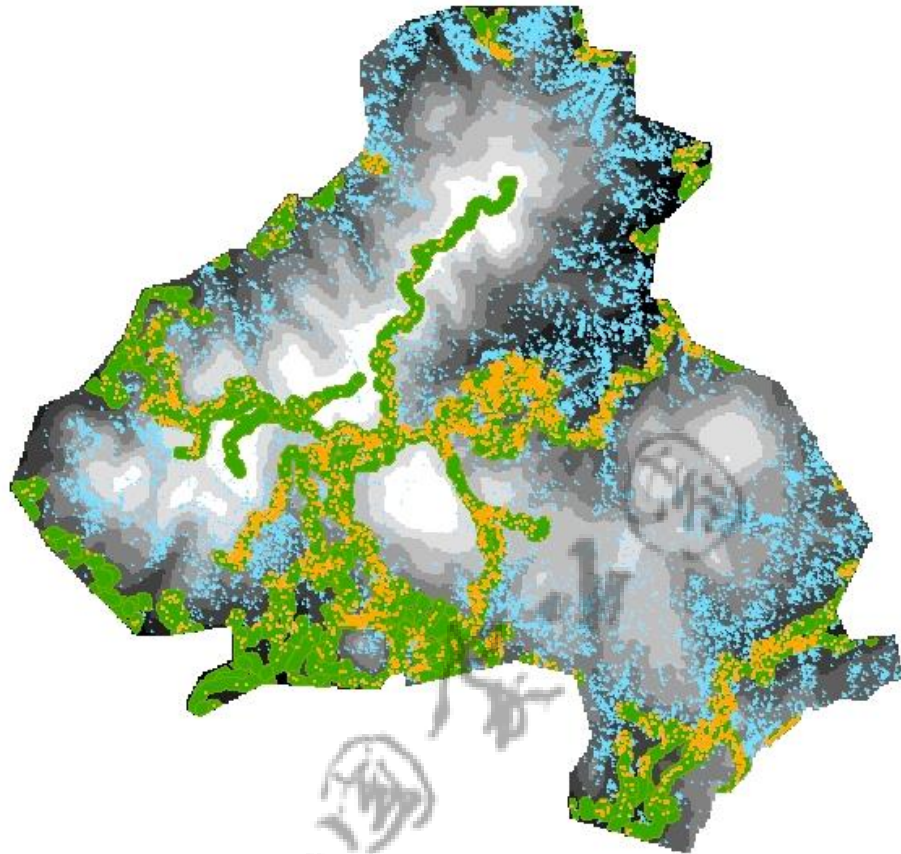


圖 3-8、陽明山國家公園筆筒樹之道路邊緣區域分布圖。綠色部分為道路鄰近區域，黃點表示包含在道路範圍內的筆筒樹，而藍點表示在道路範圍外的筆筒樹。在此圖中，筆筒樹在道路分布比例，比道路邊緣區域占全園面積比例還低，顯示筆筒樹之分布對於道路周邊，並無特別偏好；但在特定區域中，如陽金公路中段與萬溪產業道路，筆筒樹在道路範圍內，具有密集之分布。

（資料來源：本研究調查結果）

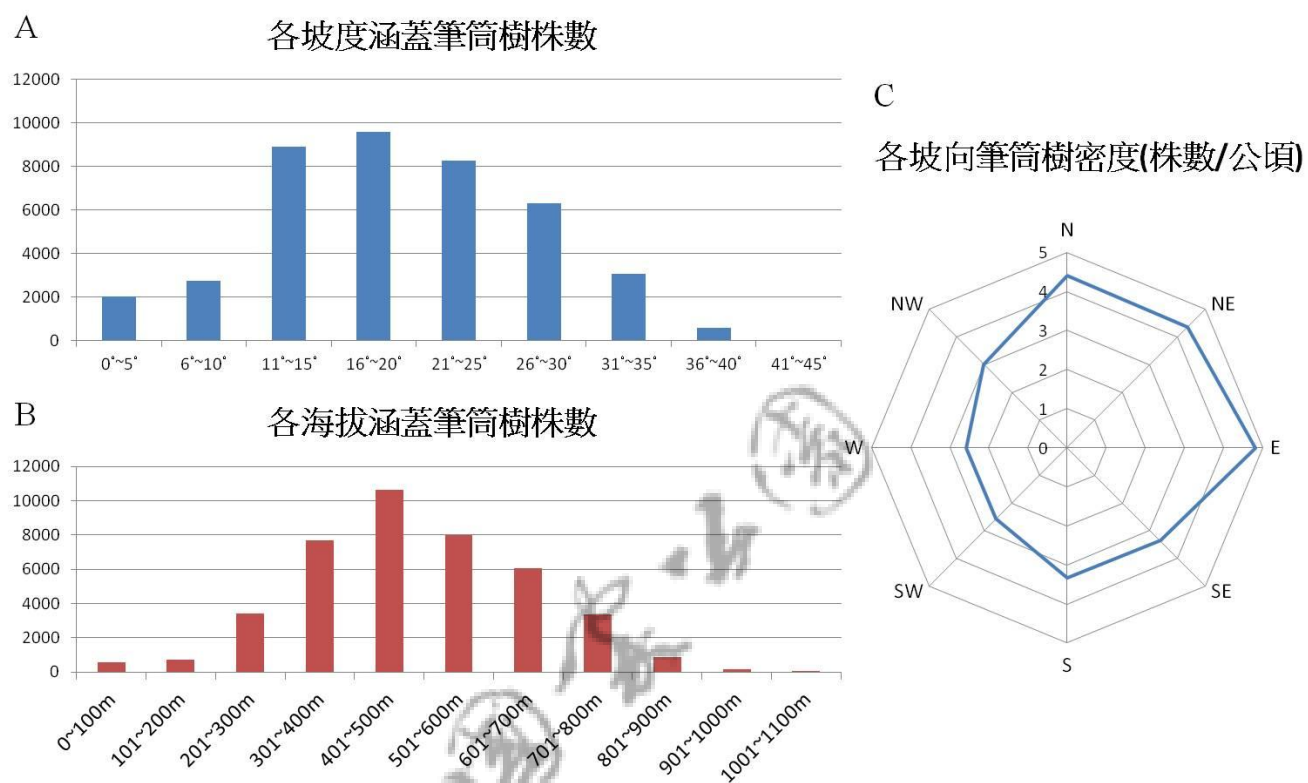


圖 3-9、陽明山國家公園筆筒樹之分布統計圖。A，筆筒樹在各坡度的分布數量。

B，筆筒樹在各海拔的分布圖。C，筆筒樹在各坡向的密度分布圖。

(資料來源：本研究調查結果)

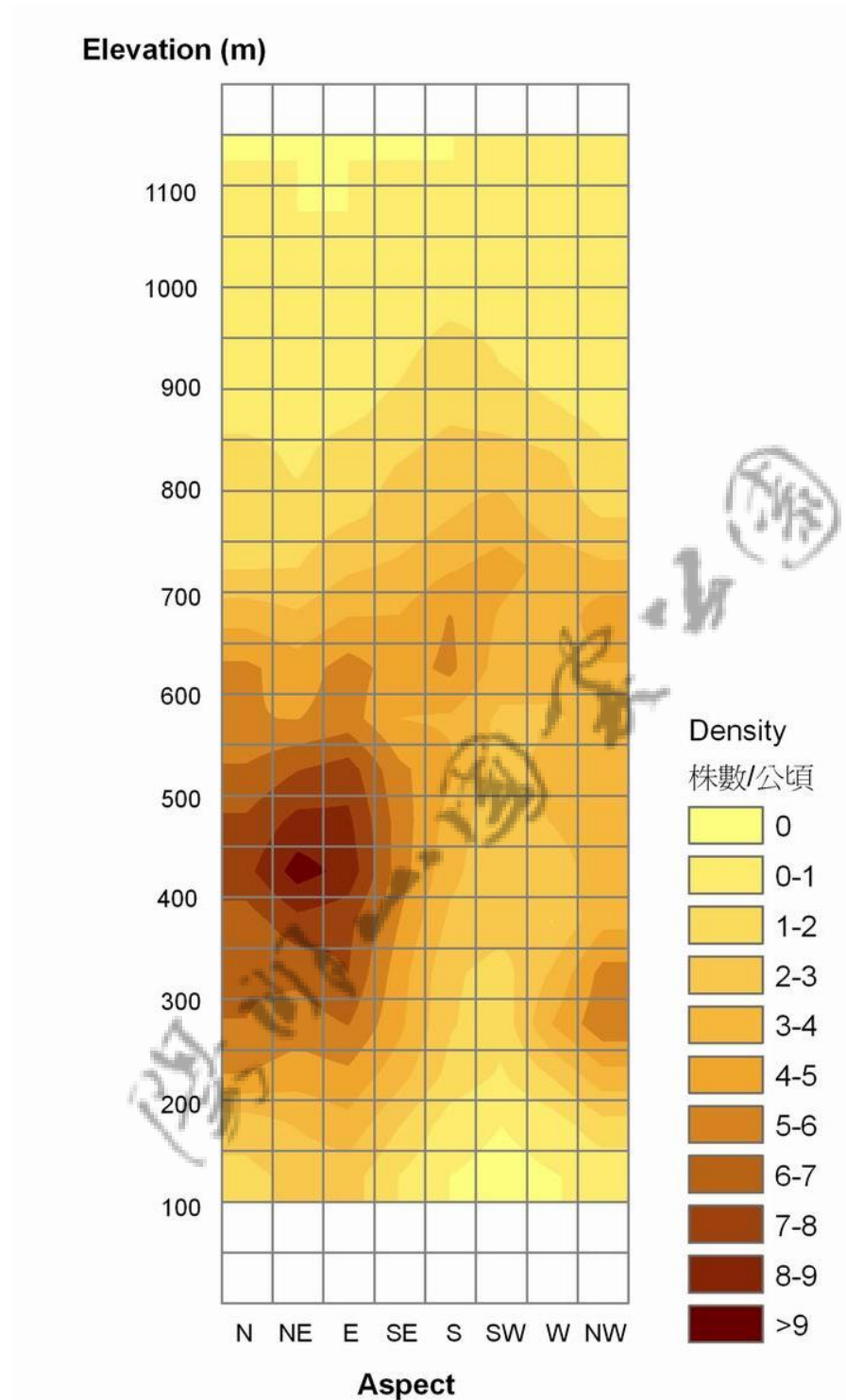


圖 3-10、陽明山國家公園筆筒樹在各坡向與海拔之分布株數。縱座標為海拔高度，橫坐標為坡向，顏色深淺表示筆筒樹之偏好分布與否。圖中左下角顏色深即表示，在海拔 400 至 500 公尺、坡向為東北向之的地形中，具有大量筆筒樹的分布。

（資料來源：本研究調查結果）

第三節 不同年度萬溪地區空照圖之比對與分析

在 2007 年萬溪產業道路空照圖中，數化了 3654 株筆筒樹位置，而經與 2009 年的空照圖進行交叉比對後，發現其中有 52 棵筆筒樹，因照片品質不佳而無法觀察確認；此外，另有 658 棵筆筒樹於 2009 年圖層中消失，排除影像品質之因素，推測其消失原因可能為自然選汰，或染病死亡。此外，亦有 693 株筆筒樹因圖層品質變好，或是筆筒樹幼株成長突破樹冠層，因而可於 2009 年圖層被觀察到（圖 3-11）。

在車道與步道的調查結果（見本章第五節）中顯示，筆筒樹於道路邊緣並無特殊偏好性。但在萬溪空照圖中，可觀察到多數筆筒樹與病株，呈現沿著道路分佈之趨勢。萬溪地區多平坦之谷地，除了為筆筒樹合適之生育地外，亦適合道路之開發。雖然先前的全區分析指出，筆筒樹之分佈，並無道路邊緣之偏好性，但在萬溪區域可能為例外。道路之開發造成森林邊界，使得道路兩旁為較開放的環境，陽光較充足，恰為筆筒樹喜好之生育環境。但同時開放的環境，也較易受到外界環境、或是其他因子之擾動。以下針對筆筒樹死亡比例與道路距離間之關係，進行進一步之分析。

將萬溪地區道路周圍緩衝範圍，依 10 公尺、20 公尺、40 公尺、80 公尺、160 公尺，及 320 公尺距離劃分（表 3-2），計算其劃分面積內存活植株與死亡植株（經比對後消失的立木圖的數目）。分析結果發現，距離道路 10 公尺內，有最高之死亡筆筒樹之比例（圖 3-12A）；但隨著道路兩旁距離之增加，卻沒有逐漸遞減之趨勢，有可能道路的影響僅在 10 到 20 公尺之範圍內。而在筆筒樹生育地偏好與死亡植株分布偏好的分析發現，不論是筆筒樹生育地偏好，或是死亡植株發生地，均呈現在道路兩旁分布的趨勢。圖 3-12B 中可看出，存活植株與死亡植株在道路兩旁的分布曲線，均位在道路面積佔總面積曲線之上，顯示存活植株與死亡植株在萬溪道路兩旁之偏好。

由於開放環境下之變因甚多，目前無法確定萬溪地區筆筒樹之死亡原因，皆

因病害所造成；而在萬溪空照圖比較中，可發現相較於之前的全區分析，筆筒樹棲地在萬溪地區中，確實在道路兩旁有較多之分佈與偏好，並且死亡筆筒樹數目亦較多。至於道路兩旁之開放環境，為何有較多死亡筆筒樹，其原因仍有待深入研究。

陽明山國家公園

表 3-2、萬溪地區空照圖比對分析表。

車道兩旁之劃定距離 (m)	佔空照圖面積之比例	道路旁存活植株比例	道路旁死亡比例	道路旁植株數	道路旁死亡植株數	死亡比例
10 m	5%	8%	11%	330	71	21.5%
20 m	9%	15%	19%	340	52	15.3%
40 m	17%	23%	28%	660	129	19.5%
80 m	30%	34%	40%	837	134	16%
160 m	49%	53%	60%	1511	262	17.3%
320 m	70%	81%	85%	2074	297	14.3%

【註：第一欄，道路兩旁劃定範圍，分別為 10、20、40、80、160，以及 320 公尺。第二欄，劃分後的道路面積，占全圖面積的百分比。第三欄，在各種道路範圍之存活筆筒樹植株，佔全圖中存活植株的比例。第四欄，各種道路範圍判定死亡的植株，佔全圖中死亡植株的比例。第五欄，同第三欄，為存活筆筒樹株數。第六欄，同第四欄，表示死亡株數。第七欄，在各種道路範圍分級中，死亡株數所佔的比例，例如在 10 公尺內的死亡株數，佔道路旁死亡總株數的 21.5%。】

（資料來源：本研究調查結果）

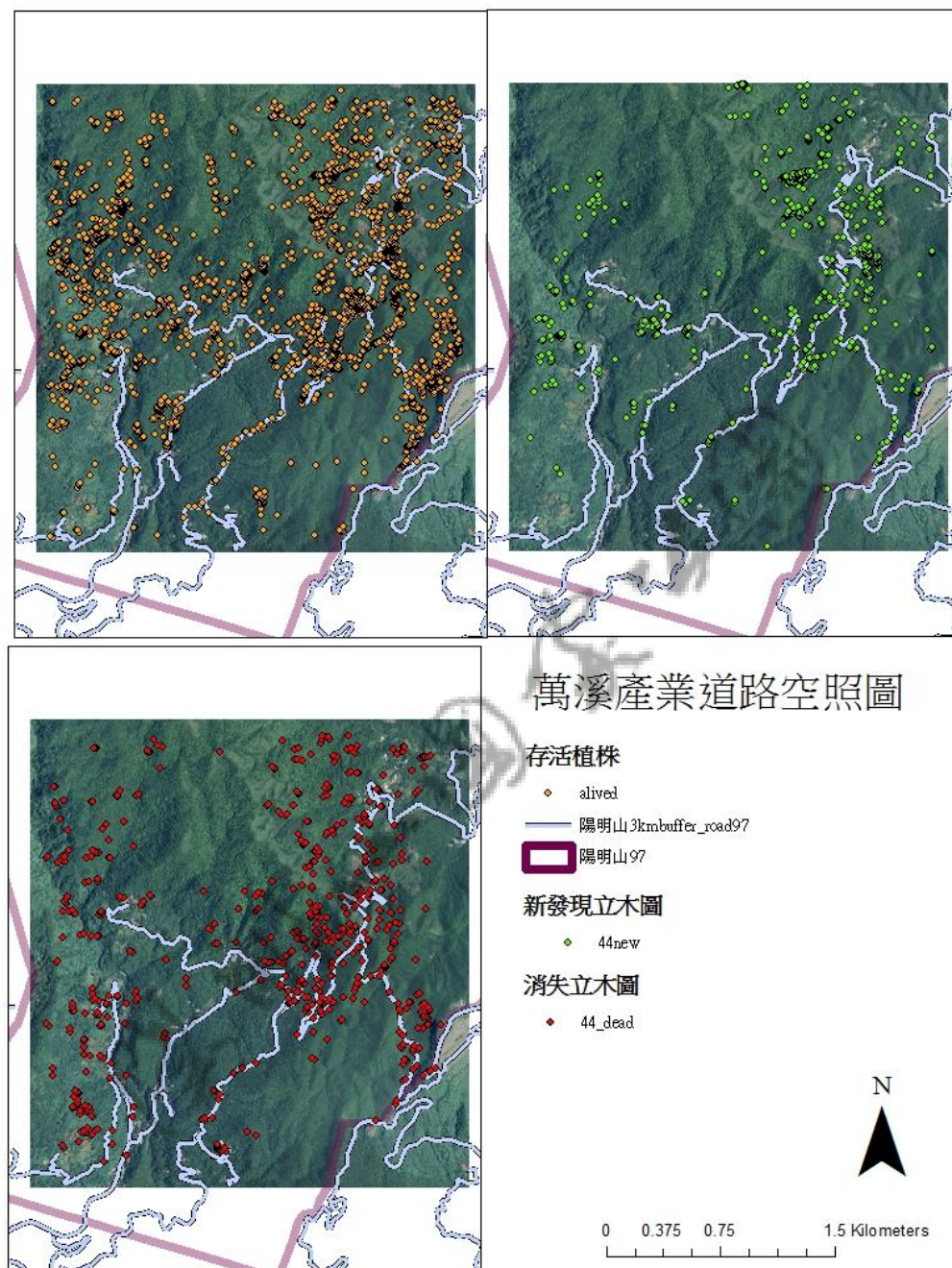


圖 3-11、萬溪地區不同年度筆筒樹之空照比較圖。黃色點，表示在 2007 與 2009 年空照圖同一位置均可判釋的筆筒樹植株。綠色點，表示 2007 年無法判釋，但於 2009 年卻可判釋得到之心筆筒樹立木圖。紅色點，表示 2007 年已確定判釋，但於 2009 年卻消失的筆筒樹立木圖層。

(資料來源：本研究調查結果)

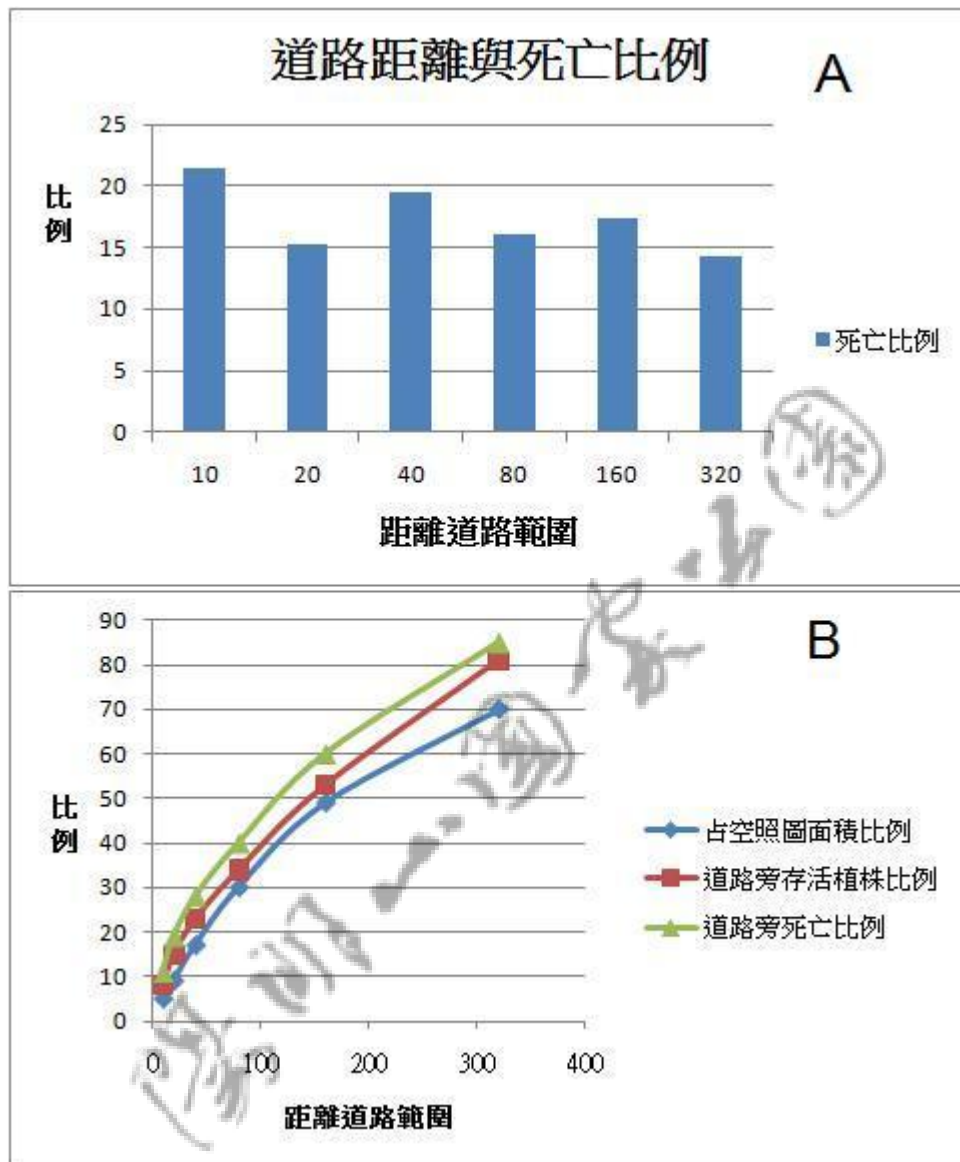


圖 3-12、萬溪地區筆筒樹與道路分布之關係。圖 A，在各種不同的道路範圍內，死亡筆筒樹所佔的比例，結果顯示距離道路 10 公尺內，死亡筆筒樹植株佔較高的比例。圖 B，植株比例曲線與死亡比例曲線，均高於道路面積比例曲線，可知不論是死亡植株，或是存活植株，皆在道路附近有較高之偏好性。

（資料來源：本研究調查結果）

第四節 台灣杪櫨屬蕨類植物之簡易檢索

依郭城孟老師著作《臺灣維管束植物簡誌》，臺灣杪櫨科杪櫨屬蕨類植物共計有 7 種，包括韓氏杪櫨、鬼杪櫨、臺灣杪櫨、臺灣樹蕨、南洋杪櫨、蘭嶼筆筒樹，以及筆筒樹等。筆筒樹與其他 6 種蕨類之區別特徵為葉、鱗毛，以及植株大小。修編後之檢索流程如下：

- A. 葉遠離軸面且具帽形鱗片.....B
 - B. 植株高超過 2 公尺，具樹狀莖，孢子囊群具孢膜為南洋杪櫨
 - BB. 植株小於 1.5 公尺，不具樹狀莖，孢子囊群不具孢膜為韓氏杪櫨
- AA. 葉遠離軸面但不具帽形鱗片.....C
 - C. 二回羽狀複葉.....D
 - D. 直立莖高可達 2 公尺以上，葉面平整發亮，為鬼杪櫨
 - DD. 直立莖小於 0.5 公尺以下，葉面不平整且羽軸有翅臺灣樹蕨
 - CC. 三回羽狀深裂.....E
 - E. 孢子囊群具孢膜，葉軸密被有長瘤刺，鱗片深褐色為臺灣杪櫨
 - EE. 孢子囊群不具孢膜.....F
 - F. 鱗片金黃色，具明顯之葉片脫落後形成的葉痕為筆筒樹
 - FF. 葉柄有細小鱗片和大的鱗片混生，均呈暗褐色為蘭嶼筆筒樹

第五節 陽明山國家公園車道與步道杪樺科植物之調查

陽明山國家公園車道與步道杪樺科植物步道結果顯示，在樹林步道中，其林下多為鬼杪樺，其次為台灣杪樺。若週遭為溪谷地形，則可觀察到有較多的筆筒樹與鬼杪樺；若為稜線或草原，則較難觀察到任一杪樺科蕨類之分布（圖 3-13 至圖 3-17）。韓氏杪樺目前僅在小油坑與七星山週遭發現（圖 3-16），而台灣樹蕨雖於各步道皆可觀察到其分布，但數量遠低於鬼杪樺與台灣杪樺，且往往生長多在樹林較深處，超過設定 3 公尺之調查範圍（圖 3-15）。在分布方面，鬼杪樺主要分布於七星山周圍的步道系統，以及魚路古道的上礮溪（圖 3-14）；台灣杪樺則是在陽明山總站、苗圃登山口與涓絲瀑布步道分布較多（圖 3-13）；台灣樹蕨目前只在風櫃口與涓絲瀑布步道附近發現（圖 3-15），而韓氏杪樺則在七星山西面與小油坑附近，有零星分布（圖 3-16）。

筆筒樹車道調查部分，可看出發病較嚴重之區域為陽金公路末段，百拉卡末段，及萬溪產業道路（圖 3-18）。在病株調查方面，步道已死亡之立木共有 331 株，車道已死亡立木為 1281 株，正在發病的筆筒樹為 550 株。與步道調查結果相比，車道筆筒樹數量較多，且發病程度也較嚴重，推測可能原因，乃因筆筒樹喜歡生長於較開放的環境，但同時開放環境的擾動因子也較多，因此也可能較多變因造成筆筒樹的罹病與死亡。此外，於調查過程中，礮嘴山生態保護區發生火災，緊急進入調查筆筒樹之狀況，意外發現火災現場植物表面有大量橘色疑似真菌著生或感染之現象，經採集樣品、分離培養，初步判定為橘色麵包黴菌屬（*Neurospora* sp.）之子囊菌，確切之種類帶進一步鑑定。

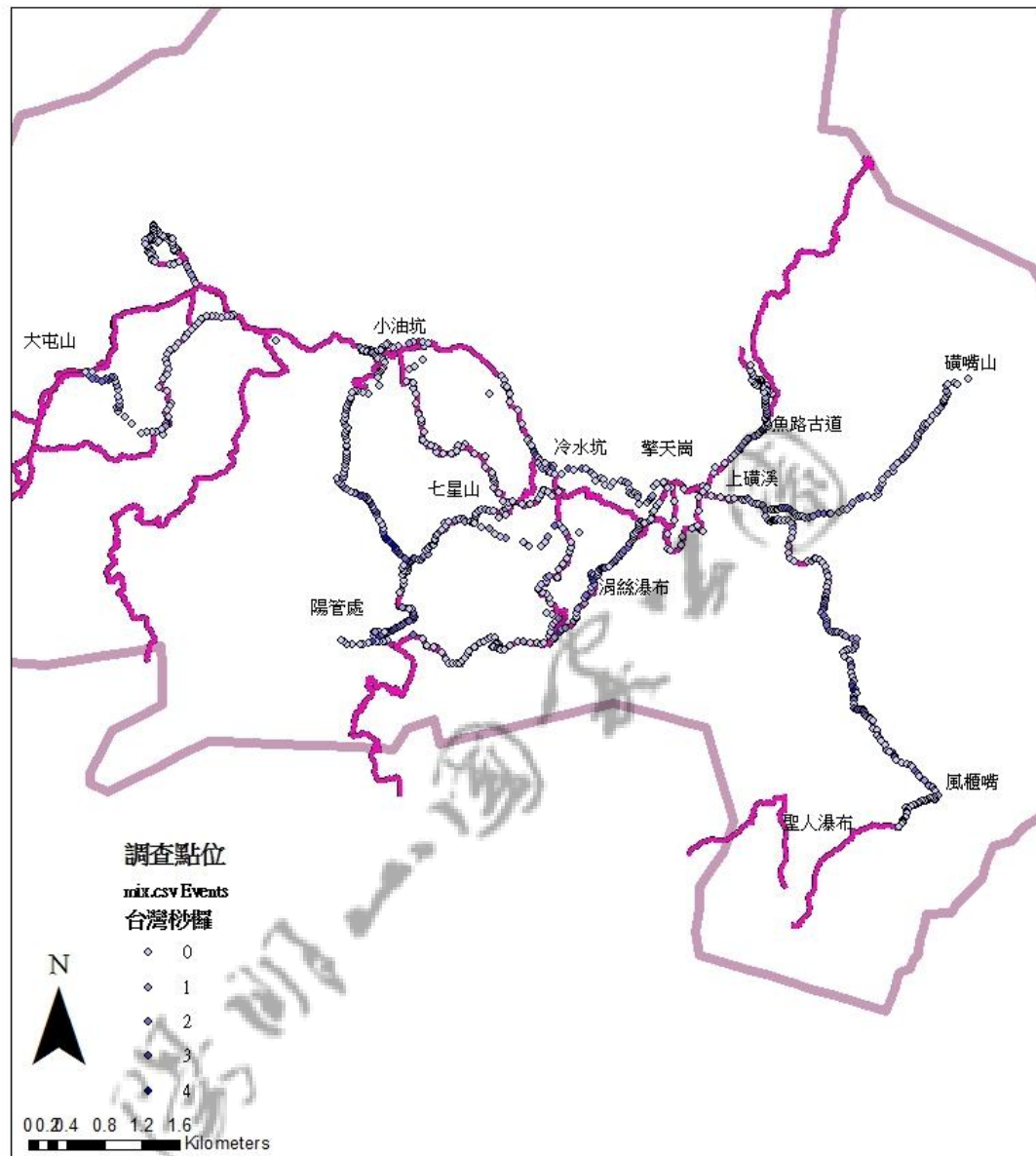


圖 3-13、陽明山國家公園台灣杪櫨步道調查之分布圖。台灣杪櫨普遍分布於陽明山國家公園中之林下步道，但數量不如鬼杪櫨之優勢。核心步道區域、魚路古道，以及磺嘴山生態保護區，均可見其分布。

(資料來源：本研究調查結果)

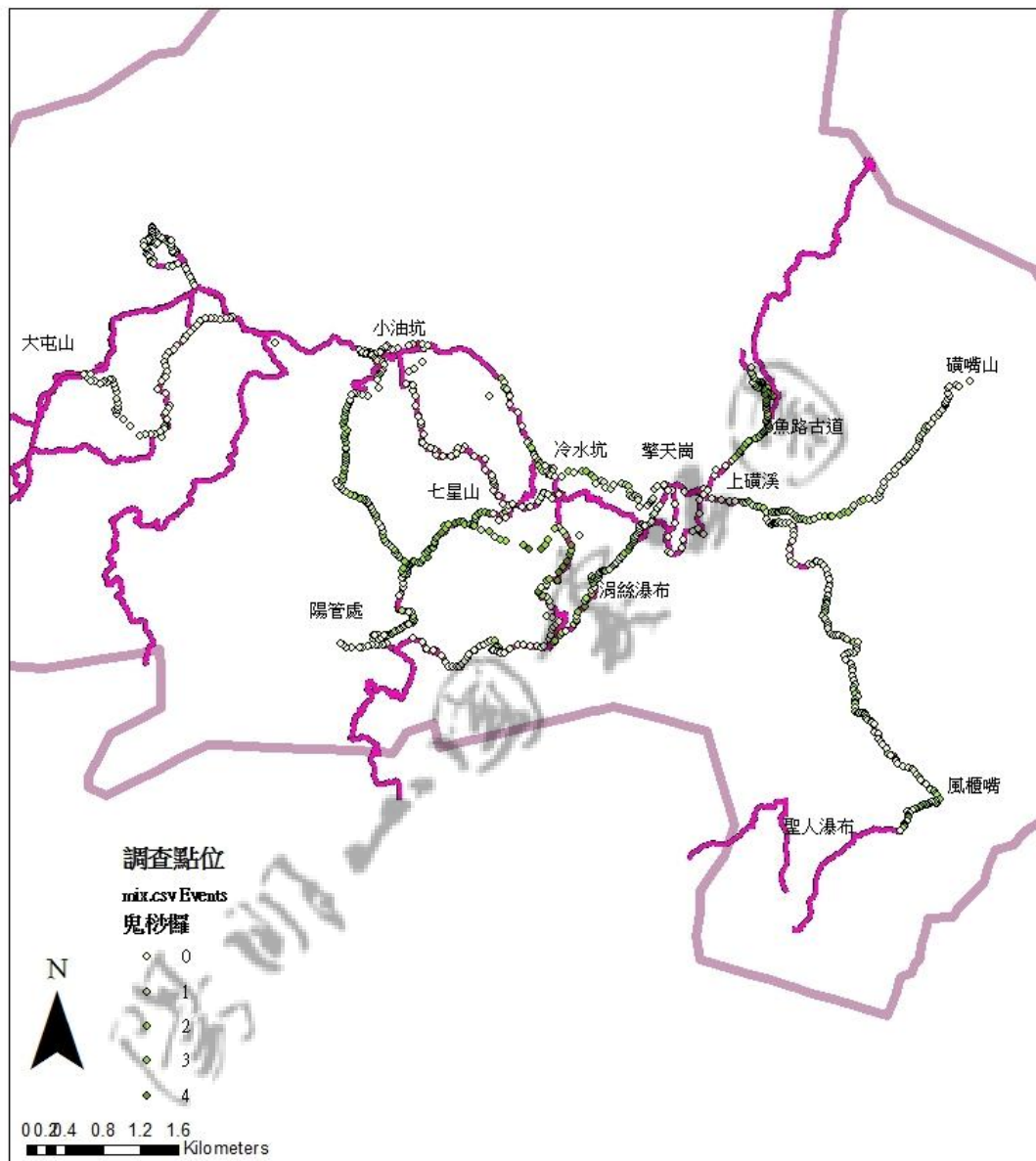


圖 3-14、陽明山國家公園鬼桫欏步道調查之分布圖。鬼桫欏廣泛分布於陽明山國家公園中之步道，且多分布於森林中的步道，如七星山人車分道、魚路古道，以及磺嘴山生態保護區。

（資料來源：本研究調查結果）

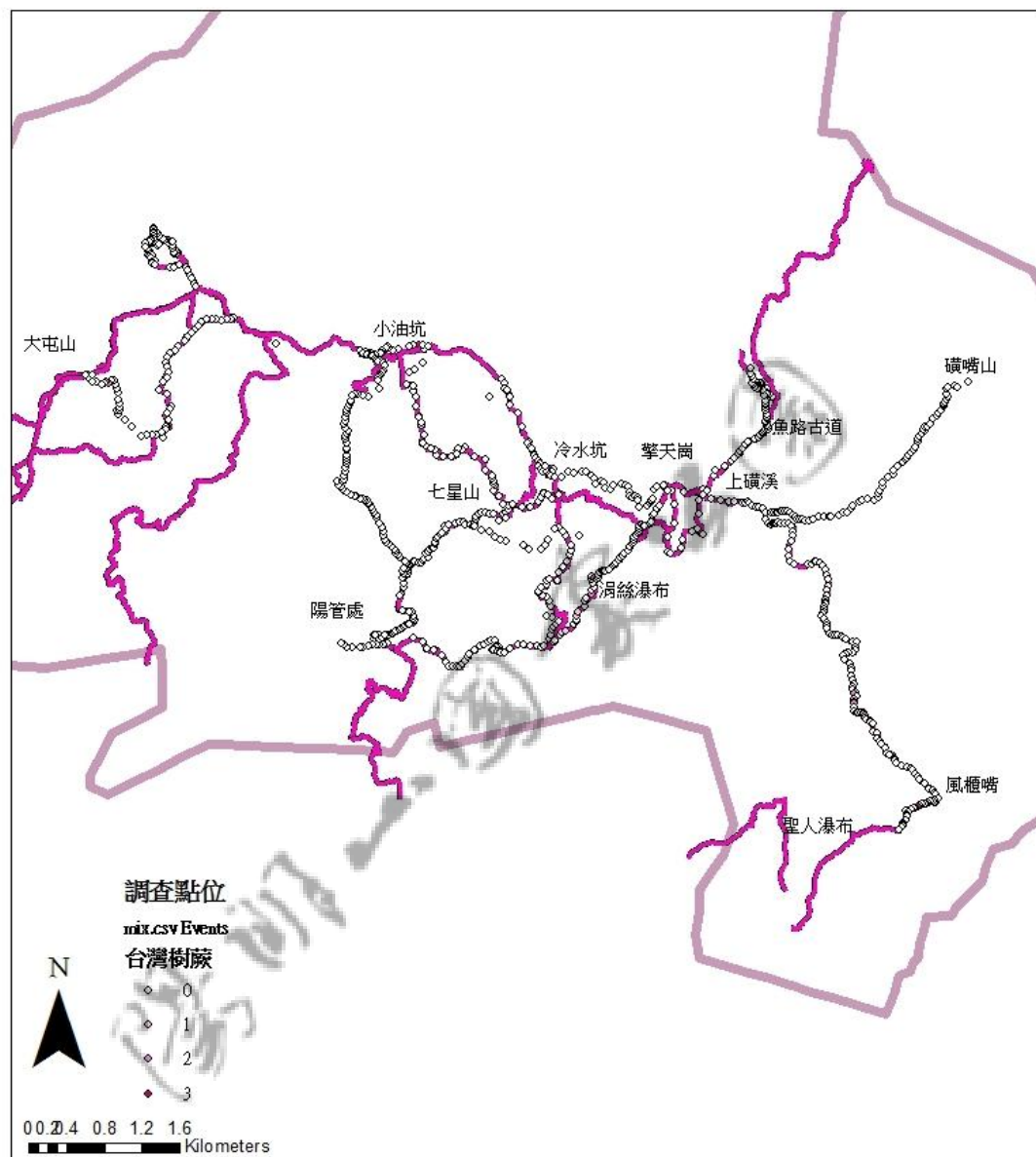


圖 3-15、陽明山國家公園台灣樹蕨步道調查之分布圖。台灣樹蕨主要分布在涓絲瀑布步道，以及頂山石梯嶺步道。

(資料來源：本研究調查結果)

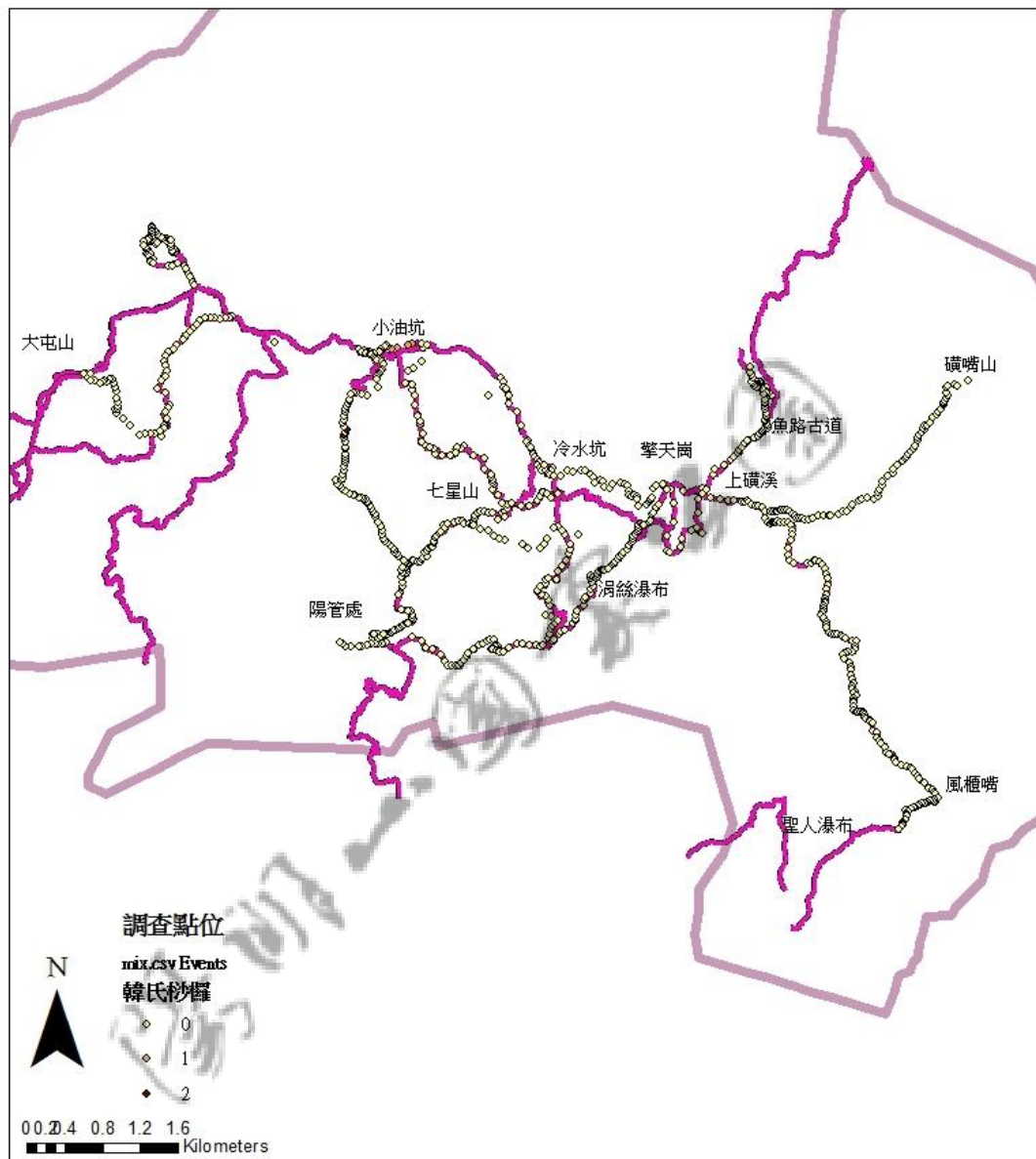


圖 3-16、陽明山國家公園韓氏杪羅步道調查之分布圖。韓氏杪羅主要分布在七星山西面，陽明書屋附近之人車分道，以及小油坑步道出口。

（資料來源：本研究調查結果）

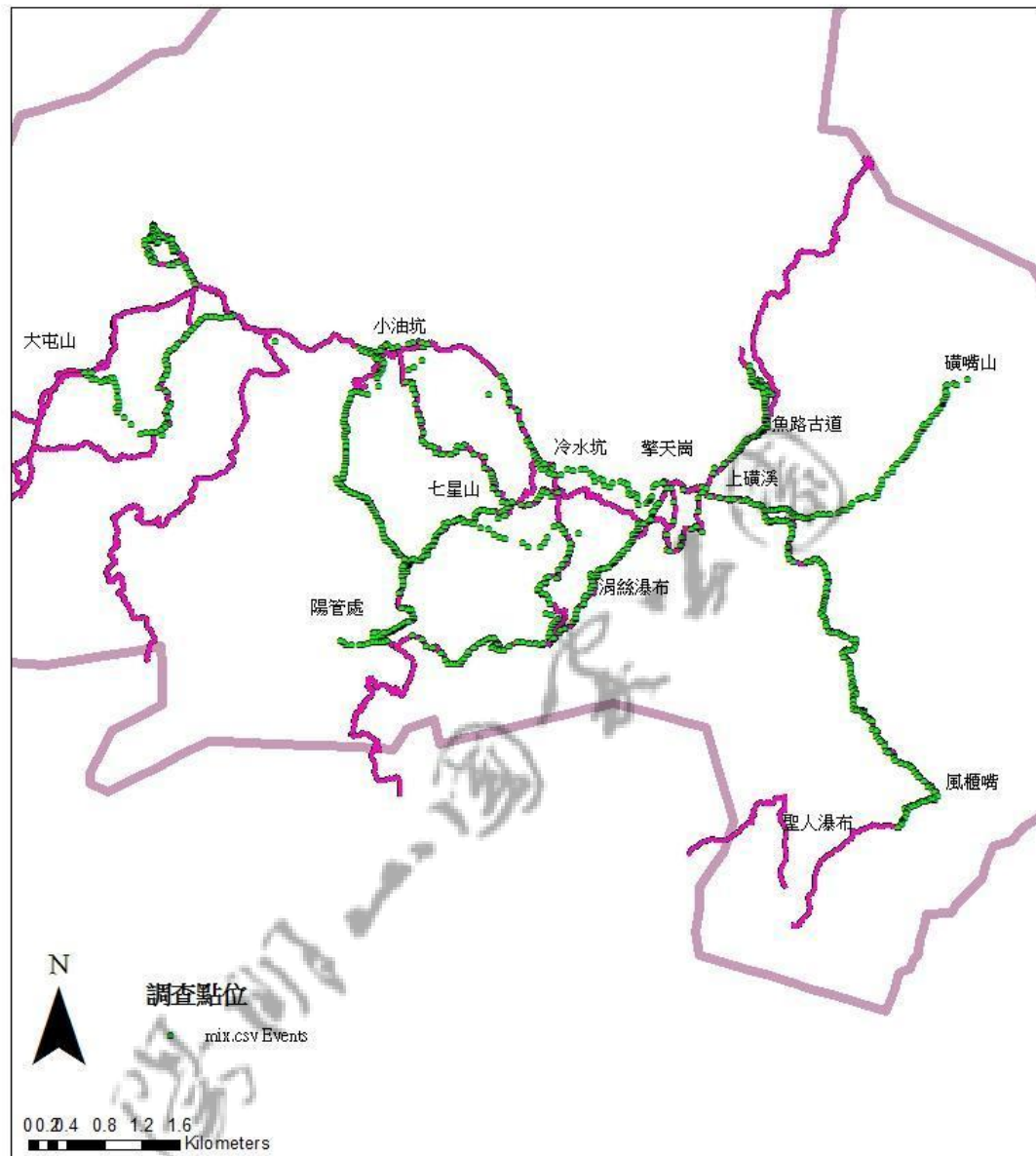


圖 3-17、陽明山國家公園筆筒樹步道調查點位之分布圖。

(資料來源：本研究調查結果)

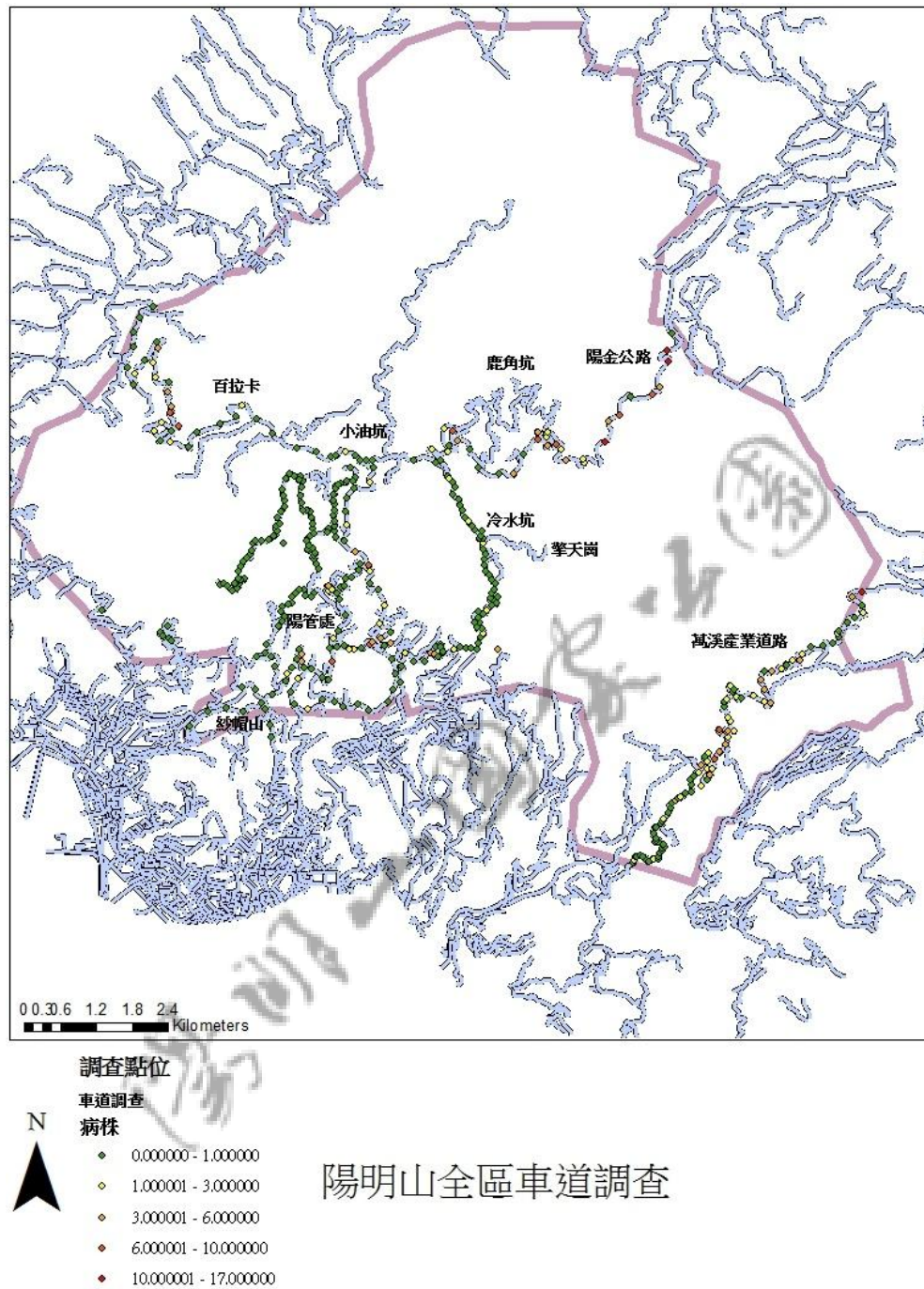


圖 3-18、陽明山國家公園筆筒樹車道調查之分布圖。圖中標示點即為調查地點，紫色為公園邊界，藍色為道路。顏色之變化，表示道路所含的病株數目，顏色越偏紅者，表示點位間所含的罹病株越多；顏色越偏向綠色者，表示此路段筆筒樹發病較少。如圖所示，陽金公路後段、萬溪產業道路，及百拉卡公路末段處等，發病較為嚴重。

（資料來源：本研究調查結果）

第六節 罹病筆筒樹病原微生物的分離與培養

根據野外病株的觀察，罹病筆筒樹初期病徵發生在單一葉片上，僅有少數小羽片或是羽片發生萎凋並呈現紅褐色，紅褐色萎凋與綠葉間隔變化明顯，與下位葉老化黃褐色漸層的特徵有所不同。二至三週後，病株萎凋範圍逐漸擴大至全部葉片，並且葉片皆發生紅褐化萎凋，甚至落葉。之後，金色鱗片自生長點開始掉落，生長點漸漸腐爛，最後僅剩樹狀莖部分。罹病筆筒樹依葉片紅褐萎凋程度訂定病勢分級，葉片萎凋數不及全株之一半者，為初期病株；若達一半者，則為中期病株；超過一半者，則為病程末期之病株。

病原分離之初，首先嘗試由紅褐萎凋葉片之葉柄進行採樣分離。橫剖葉柄產生深紅色膠狀組織液，組織完整未見褐化，經組織分離培養，並無微生物菌落之形成。進一步地，針對樹狀莖橫切分段觀察內部病徵，發現褐化部位多發生在生長點或生長點下方約 1 公尺左右之位置，但也有少數樣品褐化部位遠離生長點位於樹狀莖中段。褐化嚴重者，中心髓部組織軟腐流汁（健康植株，則為深紅的膠狀組織液）。最後，髓部組織腐敗乾裂，出現空洞（圖 3-19）。取罹病髓部組織與健康的髓部組織，徒手切片並於光學顯微鏡下觀察，在 400x 的倍率下，可看出褐化組織間有菌絲侵入（圖 3-20 C、D），而健康組織中，並無菌絲之存在（圖 3-20 A、B）。

計畫執行初，於陽明山國家公園管理處，採集兩棵末期病株，其內部病徵皆為自生長點開始褐化軟腐。依觀察結果推論，生長點發生病變後，使得孢葉與葉片生理不正長，進而出現紅褐萎凋之外部病徵。2010 年 8 月，在陽明山國家公園萬溪產業道路、風櫃口與五指山產業道路等地，採集筆筒樹病株 10 株，不同筆筒樹病株發病程度不盡相同，相關採集地點及病株特徵如圖表所示（圖 3-21、圖 3-22、表 3-3）。先前病徵觀察，認為褐化主要出現於生長點下方約 1 公尺處，故採樣罹病筆筒樹部位為生長點以下數約 1 公尺之樹狀莖。在多數罹病筆筒樹採集樣品中，褐變位置與長度不一，嚴重者甚至生長點已完全褐變；此外，亦有觀

察到一病株同時發生多處褐變的情形。褐變組織到後期時，樹幹中心發生流汁、空洞，及乾裂的情形（圖 3-23）。在初期病徵的病株 WX26 與 WX82 中，其橫剖莖段發生褐化的位置，與萎凋葉片位置具呈現相對應的空間關係，推測可能因病原之侵染，導致維管束相對應部位水分之輸導受阻，或因特定致病物質之局部累積及運送，因而造成葉片紅褐萎凋病徵之產生。然而，在外觀判釋為初期病徵的病株 WX24 的採集樣品中，其切片剖面卻未發現褐變發生。依據之前的推測認為，病株之病徵乃因生長點軟腐，以致葉柄萎凋，但從 WX24 莖段之解剖觀察來看，發生褐變之部位，有可能在離生長點較遠的地方。若下位莖段組織發生褐變，亦可能影響水分的輸導，進而導致生長點的缺水與萎凋。此次 WX24 病株之採得樣品，僅含生長點以下約一公尺的莖段，確切褐變位置不得而知。

在十株罹病筆筒樹發生褐變之部位中，可分別分離得到大量菌落形態相同之真菌，並且與 4 月 20 日陽明山國家公園管理處罹病幼株所分得之真菌，形態相似。由十株筆筒樹病株，總共分得 247 株真菌，其中有 224 株真菌菌落形態相似（圖 3-24）。進一步地，依病株分離來源與菌落形態，挑選代表性菌株進行後續鑑定工作。至於細菌分離部份，於 NA 培養基上僅分離得到 10 株細菌菌株，但即使是同樣分離部位，未能重複分離細菌，故初步推測可能是解剖及組織分離過程汙染所致。因此，由病株分離結果顯示可能為特定真菌之種類，造成筆筒樹萎凋之病原。

由於先前採集之病株，並未將全株莖部進行分段觀察，僅帶回生長點以下約 1 公尺長度之樹狀莖，於研究室進行分菌，並且採集地點多集中陽明山國家公園東南角之萬溪產業道路，為增加樣本數，及觀察病株中更確切的褐變位置，於 2010 年 10 月 14 日，於陽明山國家公園內的陽金公路與百拉卡公路路段，萎凋筆筒樹的觀察及採樣。由於貨車空間有限，罹病株於現地以 30 公分之間距分段，觀察並收集其發生褐變之莖段以及其相鄰上下之兩段，進行組織分離。目前分得 20 株真菌（圖 3-24），其中 13 株真菌與先前分得之 224 株真菌菌落型態高度相

似。

為確認健康筆筒樹是否有內生微生物或潛伏病原菌之存在，進一步於萬溪地區採集一株健康筆筒樹，進行微生物之分離，以確定病株分離得到的疑似病原菌，是否存在於健康植株中。分菌流程比照病株之分離步驟，將樹狀莖切段後，再將其縱剖，分別取中心髓部、維管束等組織，置於馬鈴薯洋菜膠體上，於 28°C 下進行培養。結果顯示，於健康筆筒樹內，並無法分得可培養之微生物(圖 3-25)。

此外，亦由陽明山國家公園以外之地區採集筆筒樹病株之組織，並以柏門氏漏斗進行線蟲之分離。將罹病筆筒樹褐腐部位與生長點切碎後，置於柏門氏漏斗上，分別在 24 小時與 48 小時收集液體鏡檢觀察，但並無觀察到線蟲之存在。

表 3-3、筆筒樹病株樣本採集資料。

日期	X	Y	病程 分級	DBH	樹高 (公尺)	罹病樣本 編號	褐化位置	分菌 總數	相同菌落形態菌 株數
20100420			3	10	1.5	seedling	生長點以下皆褐變	7	5
20100826	311035	2780553	3	19	3.47	WX23	生長點以下 32 公分發生褐變	13	13
20100826	310978	2780681	1	14	2.63	WX24	無褐變發生	0	0
20100826	310931	2780813	3	15.5	3	WX25	生長點下約 10 公分處發生褐變	54	51
20100826	310797	2781089	3	20	4	WX41	生長點以下 1 公尺發生褐變	NA	NA
20100826	310797	2781089	2	13	2.3	WX40	生長點以下 1 公尺發生褐變	22	22
20100826	310676	2781344	2	15.2	3.6	WX31	生長點下約 10 公分發生褐變	36	31
20100826	310777	2781341	1	17.5	4.1	WX26	生長點下約 22 公分發生褐變	18	11
20100826	311525	2781745	2	18	4.5	WX11	生長點以下 1 公尺發生褐變	66	63
20100826	311525	2781745	2	16.5	4.3	WX13	生長點下約 19 公分發生褐變	8	8
20100826	310904	2781977	1	23	4	WX82	生長點下約 12 公分發生褐變	23	20
20101014	305242	2783196	3	20.5	5.6	ym1	生長點發生褐變		
20101014	307712	2786151	2	17.2	3.76	ym2	生長點下約 38 公分發生褐變		
20101014	307712	2786151	3	20.1	4.3	ym3	生長點下約 41 公分發生褐變		
20101014	307759	2786141	3	15	5.55	ym4	生長點下約 40 公分發生褐變	20	13
20101014	308848	2786235	3	20	2.9	ym5	生長點下約 65 公分發生褐變		
20101014	301412	2787793	3	16	5.4	bra	生長點下約 70 與 133 至 183 公分兩處發生褐變		

【註：XY，TWD97 座標；rank，病程分級，1 為初期，2 為中期，3 為末期。

DBH，胸徑高（Diameter Breast Height）。】

（資料來源：本研究調查結果）

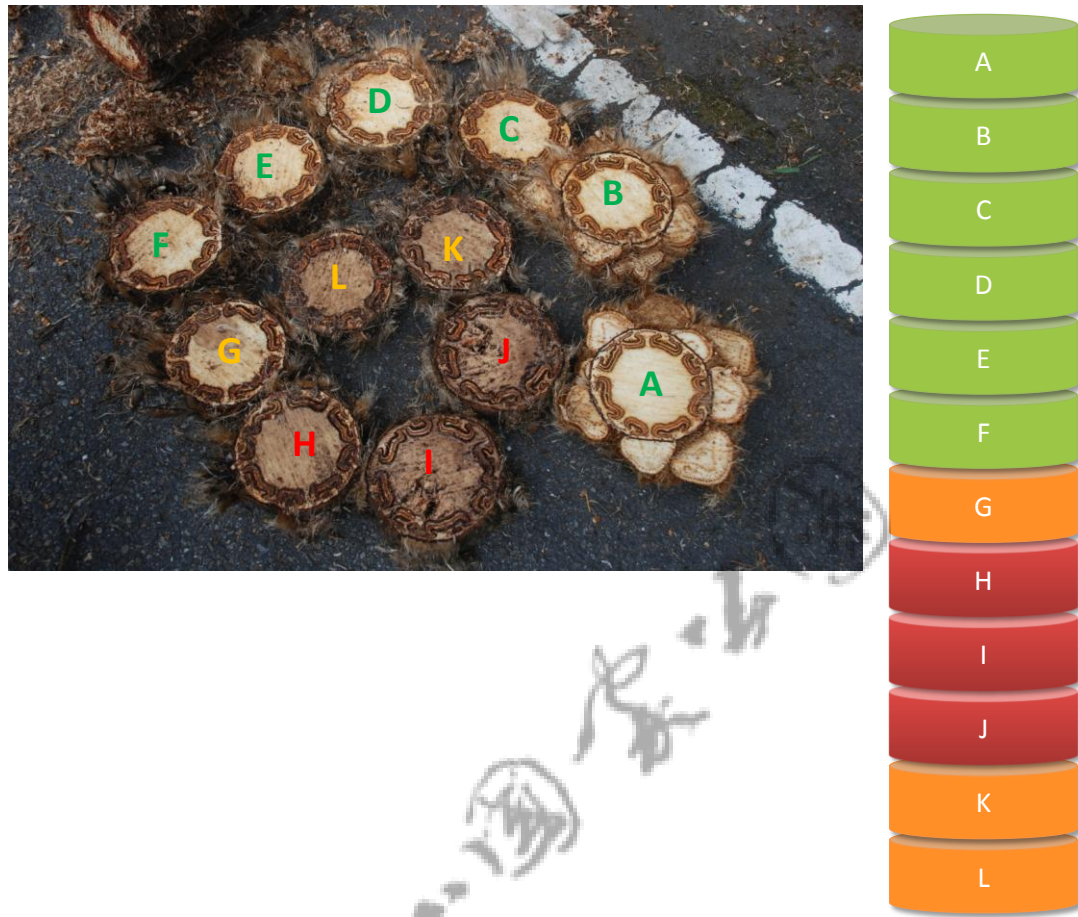


圖 3-19、罹病筆筒樹莖部之橫切分段觀察。將筆筒樹莖部一段一段橫切，A 至 F 為健康未受侵染的莖段，G 為開始部份褐化之部份，H、L、K 為已軟腐褐化的區段，最嚴重的部分是 I、J 部分，褐化乾裂，出現空洞。

（資料來源：本研究拍攝結果）

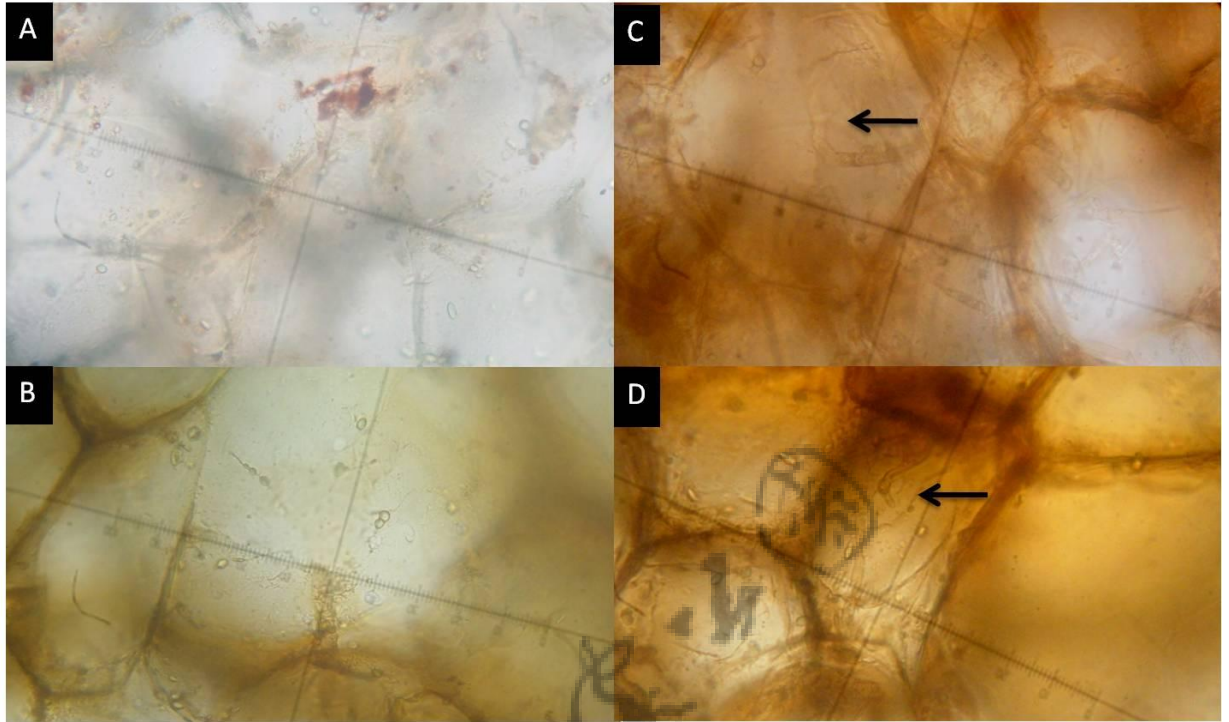


圖 3-20、筆筒樹中心髓部之組織切片圖。A、B 為未侵染組織的徒手切片，組織內並無任何菌絲，A 圖中有紅色的塊狀物，推測其為膠狀的組織液；C、D 已褐化組織的切片圖，如箭頭所示，可看到在褐化組織細胞內或是細胞間隙，有菌絲之存在。

（資料來源：本研究拍攝結果）

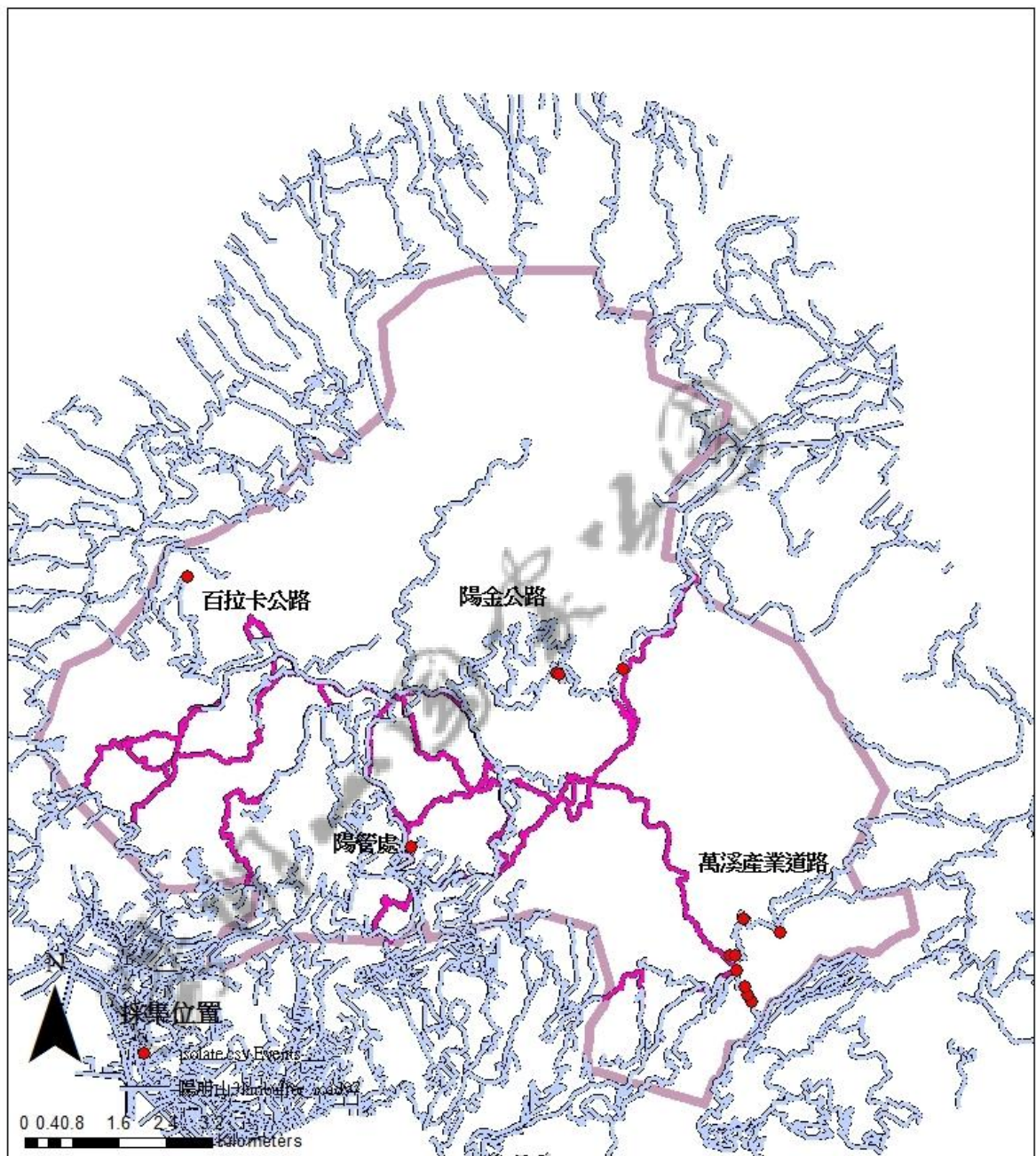


圖 3-21、罹病筆筒樹株之採集分布位置。圖中紅點為採集位置，於萬溪疫區共採集十株，陽明山國家公園管理處兩株，百拉卡公路一株，陽金公路中後段四株。

病株採集，依病株發病階段，採集位置之分布涵蓋陽明山各個不同地區。

(資料來源：本研究調查結果)



圖 3-22、筆筒樹採樣罹病植株之照片。A，WX24 屬於初期病徵；B，WX26 屬於初期病徵；C，WX11 屬於中期病徵；D，WX31 屬於中期病徵；E，WX13 屬於中期病徵；F，WX40 屬於中期病徵；G，WX23 屬於末期病徵；H，WX25 屬於末期病徵；I，WX41 屬於末期病徵；J，ym2 屬於末期病徵；K，ym3 屬於末期病徵；L，bra 屬於末期病徵。

（資料來源：本研究拍攝結果）



圖 3-23、罹病筆筒樹之莖部橫切觀察與分菌過程。A、B，WX23 切段之內部病徵觀察；C、D，WX24 之切段，雖判定為病株，但生長點附近卻無褐變，推測褐變發生在其他部位；E、F，WX25 切段之內部病徵觀察；G、H，WX26 切段之內部病徵觀察；I、J，WX82 切段之內部病徵觀察；K、L，WX13 切段之內部病徵觀察；M、N，WX31 切段之內部病徵觀察；O、P，WX11 切段之內部病徵觀察；Q、R，WX40 切段之內部病徵觀察；S、T，陽金公路與百拉卡的採集樣品。

(資料來源：本研究拍攝結果)

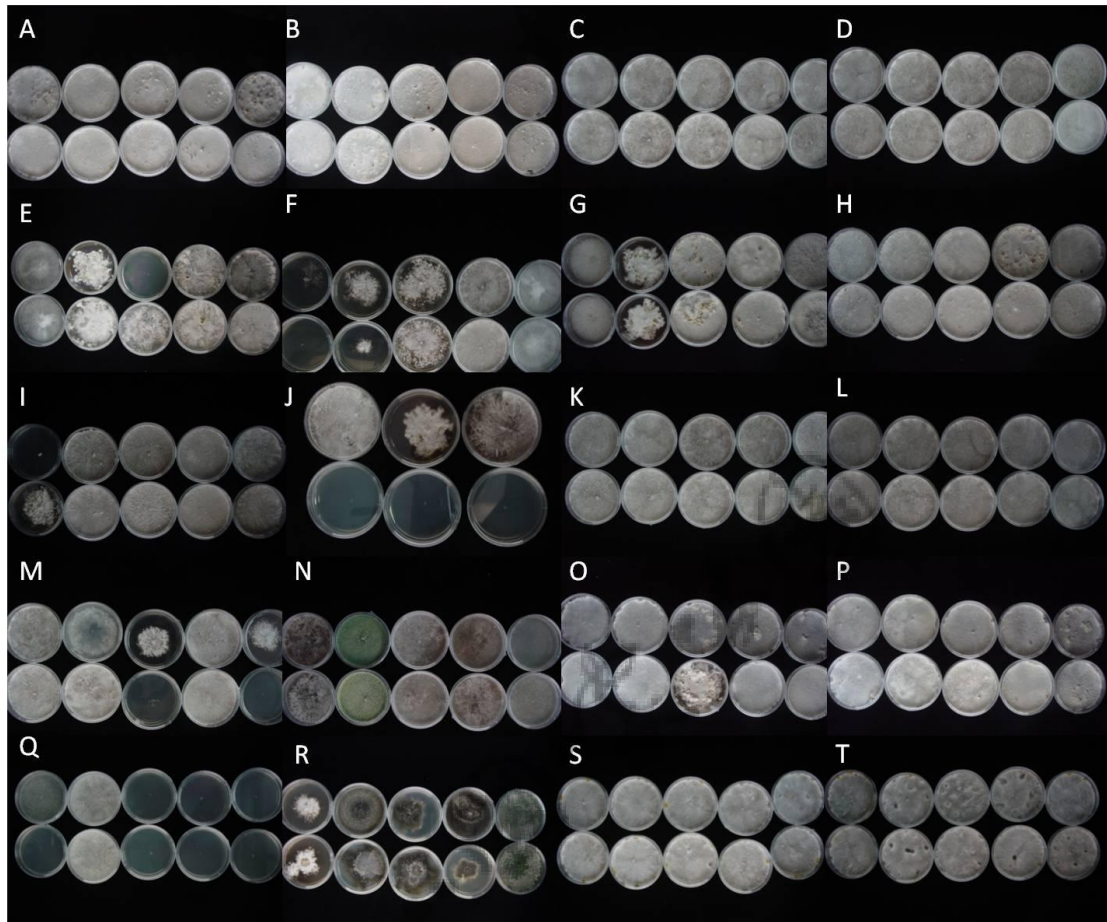


圖 3-24、罹病筆筒樹之真菌分離菌株。自罹病筆筒樹分得之真菌分離株，經單菌絲分離後，繼代兩盤，上下排為同分離株。A、B，WX23 所分離之真菌；C、D，WX24 所分離之真菌；E、F，WX25 所分離之真菌；G、H，WX26 所分離之真菌；I、J，WX82 所分離之真菌；以上真菌分離株菌落形態相似；K、L，WX13 所分離之真菌；M、N，WX31 所分離之真菌，其中 N 中，有一株菌落呈綠色的分離株，經形態鑑定為 *Trichoderma* sp.；O、P，WX11 所分離之真菌；Q、R，WX40 所分離之真菌，R 所分到的三株真菌，為以往從未見過的黑色菌落真菌；S、T，陽金公路與百拉卡的採集樣品，同前面 A-J 典型白色平鋪菌落，菌落會產生類似黑色菌核之構造。

（資料來源：本研究拍攝結果）

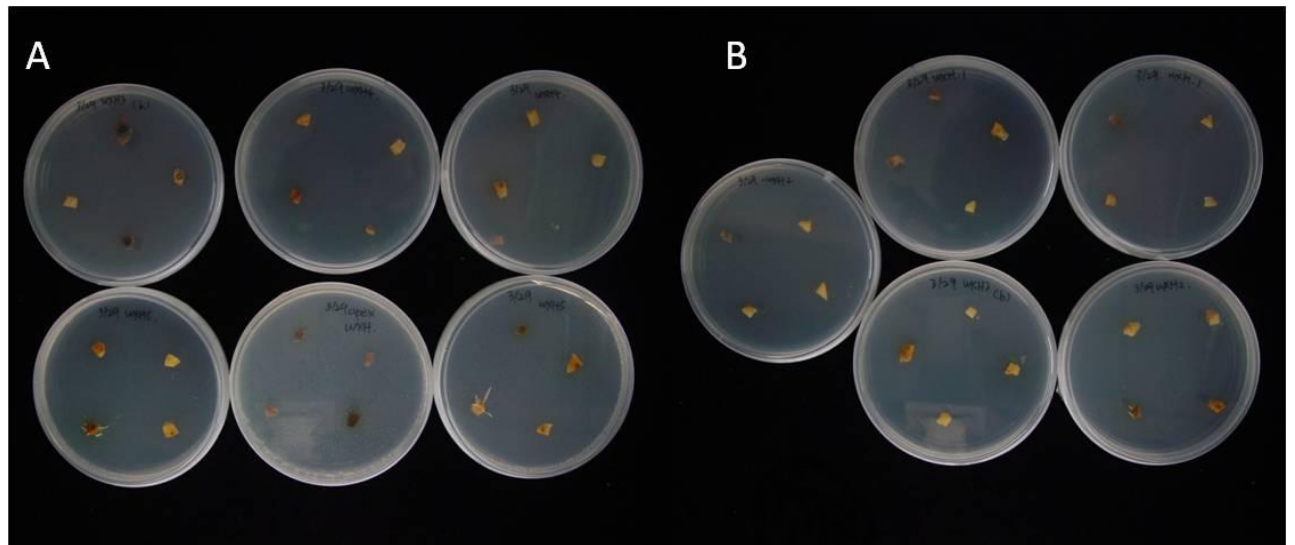


圖 3-25、健康筆筒樹之分菌結果。由萬溪地區採集之健康筆筒樹解剖後，經組織分離後，並無培養出微生物。A 圖為生長點以下一公尺之分菌結果，B 圖為繼續下數至根基部的分菌結果。

(資料來源：本研究實驗結果)

第七節 菌株產孢誘導與鑑定

菌株產孢以一般培養基誘導之結果顯示，於 1/4 PDA 培養基在 25℃ 下，使用 NUV 或是一般光源，培養約四到五週後，會產生柄子殼之構造，但並不是所有的菌株皆可產生此構造，並且單一培養皿僅約產生三到五個柄子殼（表 3-4）。

使用植體成分相關誘導之結果，於 25℃ 下培養約四到五週後，樹汁培養基（含 33% 筆筒樹髓部汁液），產生柄子殼數目略為提升，每皿可產生八到十個柄子殼。植體誘導方面，在 25℃ 下培養三到四週後，植體上或是周遭培養基上，出現大量柄子殼，單塊植體可產生二十個以上的柄子殼（圖 3-26）。

產孢構造進行切片與鏡檢觀察發現，在一般培養基與樹汁培養基誘導之柄子殼與植體誘導之柄子殼無異，直徑約 1 mm，柄子殼壁厚，殼壁細胞呈多角狀，深褐色，柄子殼多腔癒合與多開孔。產孢枝緊密排列於柄子殼內壁上，產孢枝呈紡錘形，無色，無分支，長約 20 μm ，末端產生孢子。孢子呈球形或卵形，無色，直徑約 8 μm ，其內有多顆油滴，或是僅一顆大油滴（圖 3-26）。柄子殼在一般培養基與樹汁培養基上呈現散生，不聚集；在植體誘導培養基上，則多聚集於植體上。從切片結果觀察，柄子殼在樹皮下產生後突出表面，形狀為球形、安瓿形、不規則形等。柄子殼在濕度高時，會從頂端產生孢子角（spore horn；cirrus），為黃色或是白色（圖 3-26）。

此外，欲觀察病原菌如何侵染筆筒樹，以及在侵染過程是否產生特殊構造，進行冷凍切片觀察。樣本包括褐化及未褐化之髓部組織，在未褐化組織內觀察到許多大小形狀不定之顆粒，大小約 5-15 μm ，用碘液作染色後呈藍紫色，推測應是澱粉粒。在褐化組織切片中，未如預期觀察到菌絲及侵染構造，可能是因冷凍切片的包埋方法，較不易保持筆筒樹組織及細胞內部之細微構造。其中，樣本包括褐化的筆筒樹維管束切片，但仍未看到菌絲及其產孢構造（圖 3-26）。

表 3-4、不同培養基與溫度誘導產孢之結果。

	30°C	25°C	15°C	25°C (NUV)
OMA	X	X	X	X
MEA	X	X	X	X
Czapek dox	X	X	X	X
Corn meal	X	X	X	X
¼ PDA	X	O	X	O
PDA	X	X	X	X

【註：×：無產孢；○：產生柄子殼之產孢構造。】

（資料來源：本研究實驗結果）

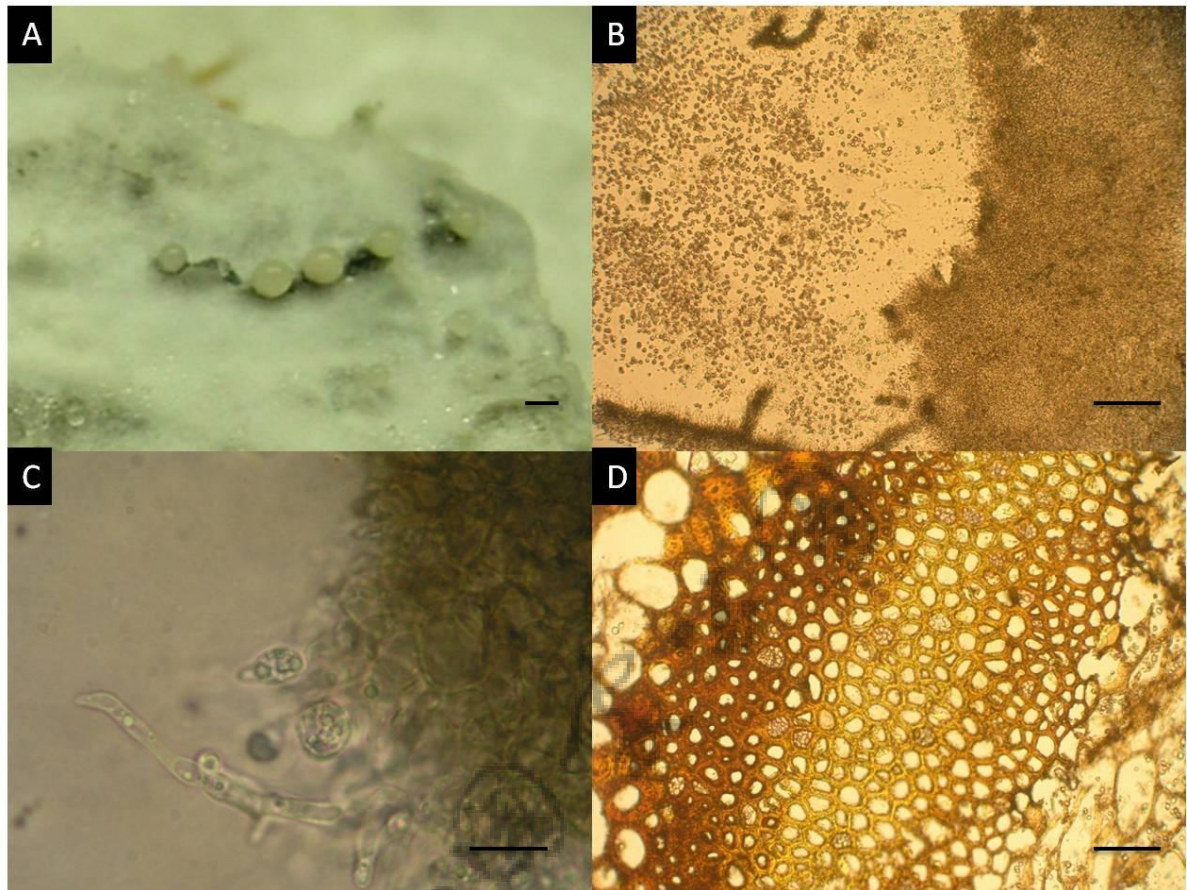


圖 3-26、筆筒樹萎凋病疑似病原真菌之產孢構造誘導及切片觀察結果。圖 A，於植體上誘導之柄子殼與孢子角。圖 B，柄子殼內之分生孢子。圖 C，為位於柄子殼基部之產孢細胞。圖 D 為罹病筆筒樹之維管束切片，未觀察到任何菌絲侵染構造。

第八節 科霍氏法則—接種與再分離

壹、筆筒樹幼苗接種

在接種後四週，其中一株接種幼苗，少數葉片開始有些微褐化現象發生（圖 3-27）。取回實驗室進行切段觀察，發現接種點周遭褐化嚴重，發生褐化之長度約十公分，與之前罹病成株筆筒樹上所觀察到的組織褐變特徵，略有不同。此幼苗接種結果，其褐化顏色較深，相較於陽明山採回之病株褐化顏色較淺（圖 3-27），並且未觀察到成株筆筒樹之外部典型病徵，推測其原因為罹病植株年齡不同，生理反應可能因而有所不同。接種後四個月時值春天，氣溫攀升，另 2 株接種之幼苗出現急速萎凋病徵，解剖後均觀察到樹狀莖褐腐中空之病徵。第二株小苗，自接種點上下褐化擴散，在生長點與根基部皆有褐化情形，並有小空洞產生。第三顆小苗，髓部組織與根基部褐化乾枯情形較為嚴重，生長點亦觀察到褐化的情形。相較於成株病徵，幼苗之髓部組織較無軟腐之情形發生。進一步地，分別對兩株小苗進行再分菌之動作，第二棵小苗共分得真菌八株，其中五株菌落形態，與原本接種之真菌相同。第三顆小苗僅分得兩株真菌，兩株形態皆與原接種原相同。無處理之對照組，仍保持健康之狀態（圖 3-27）。

貳、成株筆筒樹接種

於台大校園內接種之成株筆筒樹，接種後兩週，發現在接種點上方之孕性產孢葉片，開始呈現萎凋脫水狀，此時開始每日人工澆灌灑水。接種後 15 天到 17 天，接種側之葉片陸續脫水萎凋，整個葉片並逐漸轉成深紅褐色。此萎凋現象與野外病株病徵並不完全相同，野外病徵乃由小羽葉與羽葉出現紅褐乾枯，再逐漸擴散至整個葉片。在第 22 天遠離接種側之葉片的小羽葉，開始呈現些微紅褐化，並且同時整個葉片亦開始萎凋（圖 3-28）。在第 24 天後進行藥劑防治，使用藥劑為腐絕，稀釋 500 倍，以全株噴灑方式進行。同時，並於兩個接種點下方使用灌注筒進行藥劑灌注，藥劑為 0.08% Thiabendazole 溶於 25% DMSO。第 29 天時，筆筒樹新芽發生萎凋，並掉落至地面，初步判定接種筆筒樹死亡。而在第 23 天

時，使用非破壞性方法，在接種點下方鑽取小洞後，利用打洞器挖取維管束與髓部組織，於實驗室無菌操作進行病原菌培養。分菌結果得到 19 株分離株，有 11 株分離株非原接種源，而其中 8 株分離株形態則與原接種菌株極為相似（表 3-5）。

重複接種實驗，接種材料筆筒樹為自陽明山國家公園移植。發病過程與接種結果如圖 3-29，代號意義 Lin2sp 為 Lin2 以孢子液接種，Lin2cu 為 Lin2 以菌絲塊接種，Wx23cu 為 Wx23 以菌絲塊接種，Wx23sp 則為 Wx23 以孢子液接種，dpi 指接種過後天數。接種後七天，所有接種筆筒樹出現缺水症狀，葉片出現失去水勢現象，Lin2cu 與 Wx23cu 出現葉片萎凋。接種後 16 天，Lin2sp、Wx23cu 全株萎凋，Lin2cu 之新長出葉芽不正長展開，且葉芽前端萎凋褐化。接種後二十一天，僅剩 Wx23sp 尚未完全萎凋，進展到中期病徵，有半數葉萎凋。將已萎凋之接種病株切段觀察，內部褐化情形如圖 3-30 及圖 3-31。圖 3-30 中，綠色部分表示髓部仍健康之部分，黃色表示病健部，紅色表示已褐化軟腐，結果顯示所有接種病株內部均有嚴重褐化。進一步地，再從接種病株進行病原分離，結果如表 3-5 所示，均有分到當初接種之病原菌，因此，接種試驗完成柯霍氏法則，證實所分離真菌菌株為造成筆筒樹死亡之病原菌。

表 3-5、科霍氏法則之接種再分離結果。

筆筒樹	接種菌株	再分離原接種菌 株數	再分離菌株之全部 分離株數
1	ym5i1	8	19
2	wx23sp	21	30
3	wx23cu	19	19
4	lin2sp	22	26
5	lin2cu	7	12

(資料來源：本研究實驗結果)

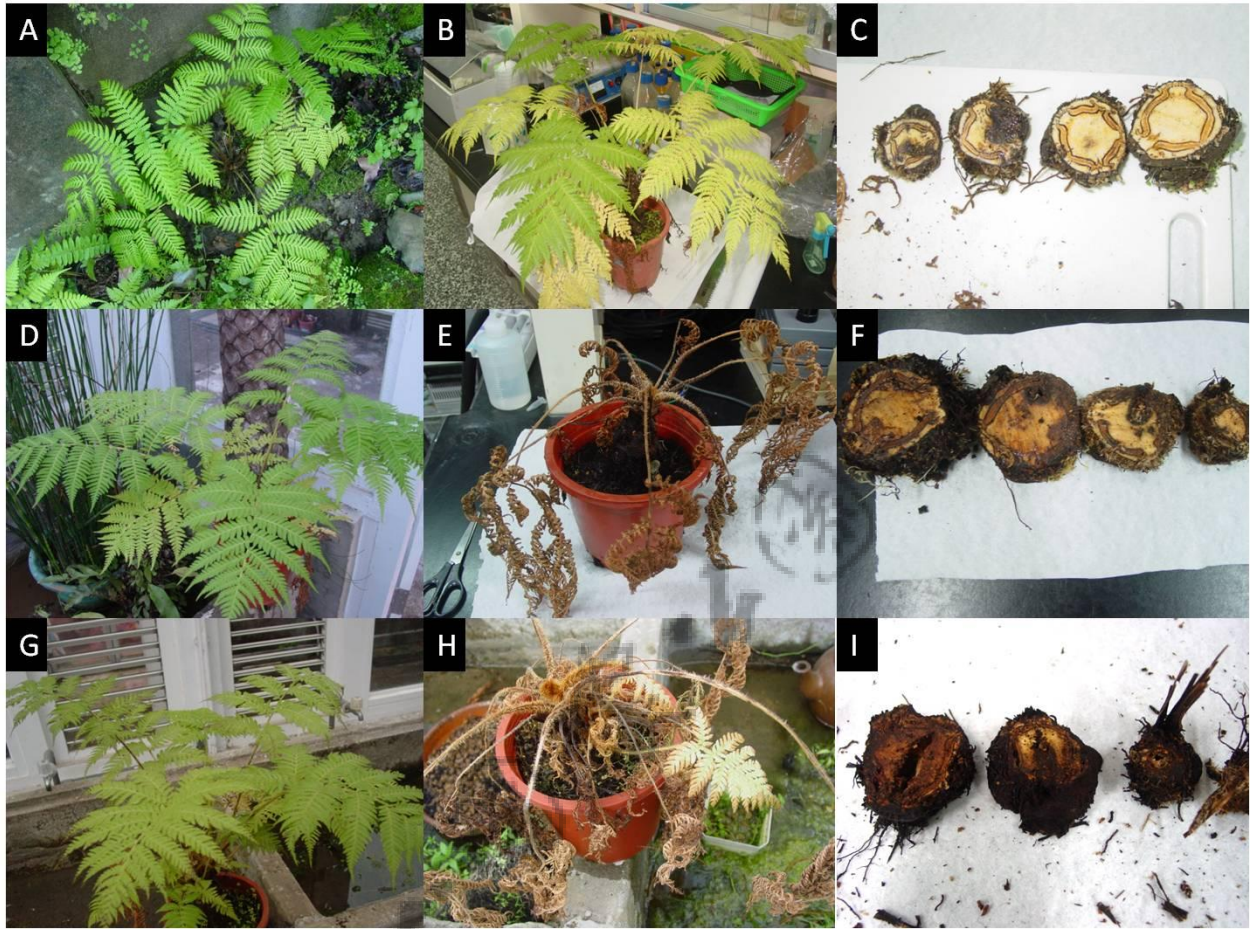


圖 3-27、幼苗接種實驗。A，實驗對照組。B、C 為接種實驗幼苗之一，B 為接種後一個月，C 為期解剖後內部病徵。D、E、F 則為接種實驗幼苗之二，D 為接種前，E 為接種後三個月，F 為接種後之內部褐變病徵。G-I 接種實驗幼苗之三，依序為接種前、接種後三個月、接種後三個月之內部病徵。

（資料來源：本研究實驗結果）



圖 3-28、筆筒樹成株之接種結果。利用台大校園內筆筒樹成株進行接種試驗，A、B、C、D 分別為接種後 14、16、18，及 21 天後之情形。接種後第 14 天開始出現第一片葉片萎凋，16 天接種側之葉片皆呈現萎凋，18 天後，除了接種側外，其他葉片也出現萎凋病徵。至第 21 天，新芽及最上位之葉片，皆開始萎凋，最終導致死亡。

（資料來源：本研究實驗結果）

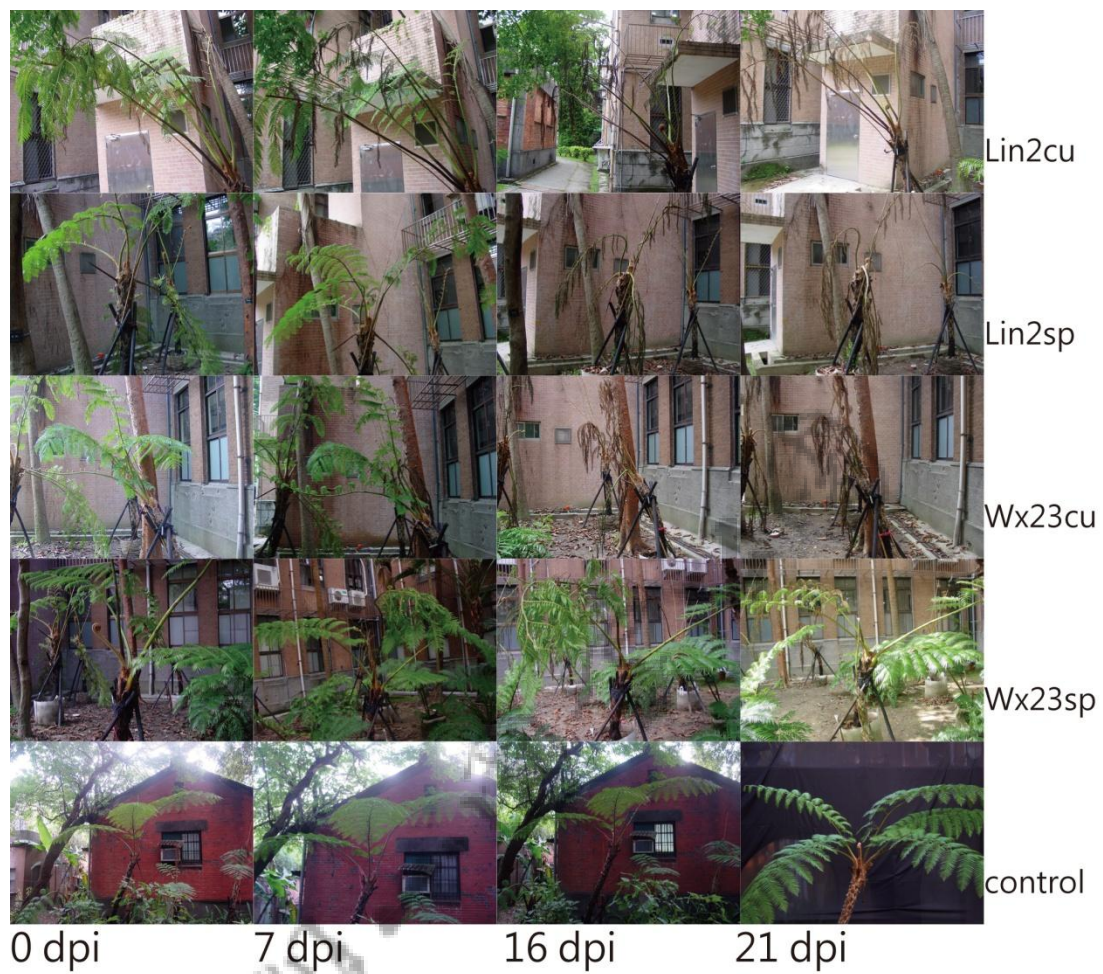


圖 3-29、接種病株病程發展。 Lin2sp 為 Lin2 以孢子液接種，Lin2cu 為 Lin2 以菌絲塊接種，Wx23cu 為 Wx23 以菌絲塊接種，Wx23sp 則為 Wx23 以孢子液接種，dpi，接種後經過之天數。

（資料來源：本研究實驗結果）

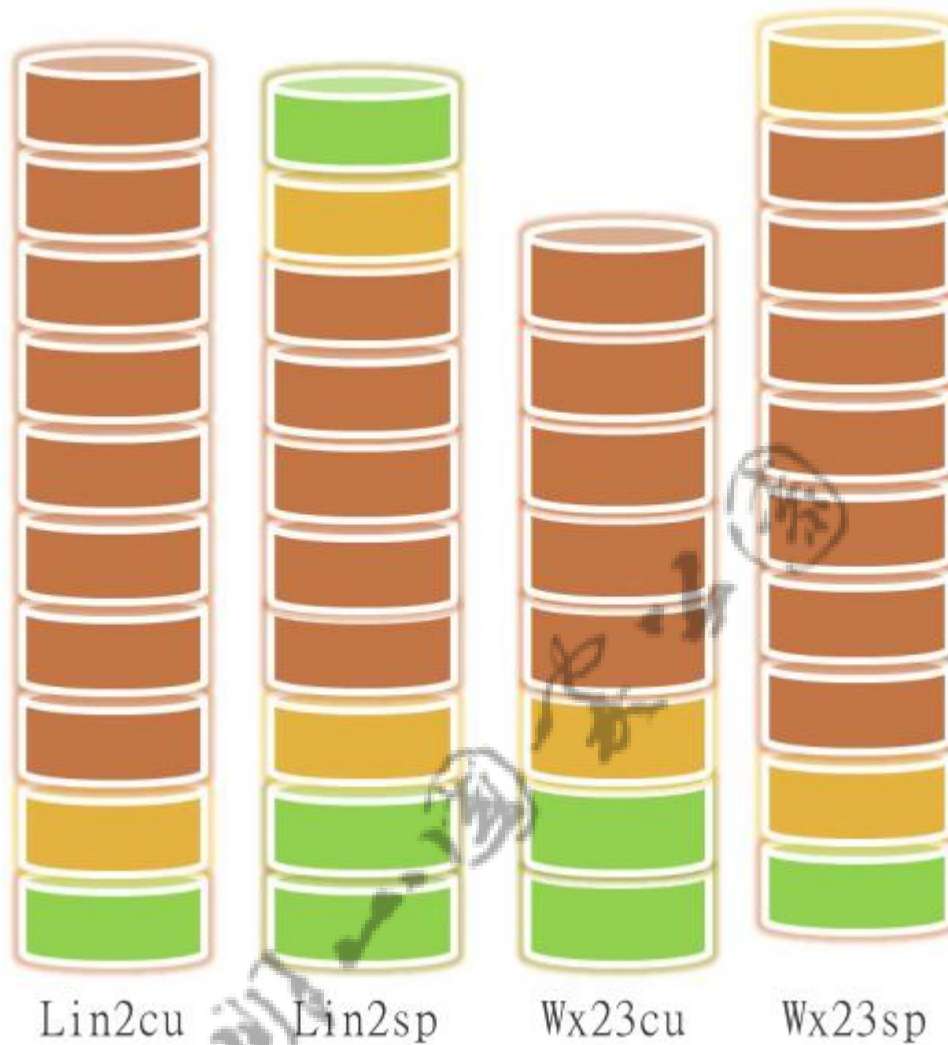


圖 3-30、接種病株內部病徵示意圖。綠色部分表示髓部仍健康部分，黃色表示病健部，紅色表示已褐化軟腐。 Lin2sp 為 Lin2 以孢子液接種，Lin2cu 為 Lin2 以菌絲塊接種，Wx23cu 為 Wx23 以菌絲塊接種，Wx23sp 為 Wx23 以孢子液接種。

(資料來源：本研究實驗結果)

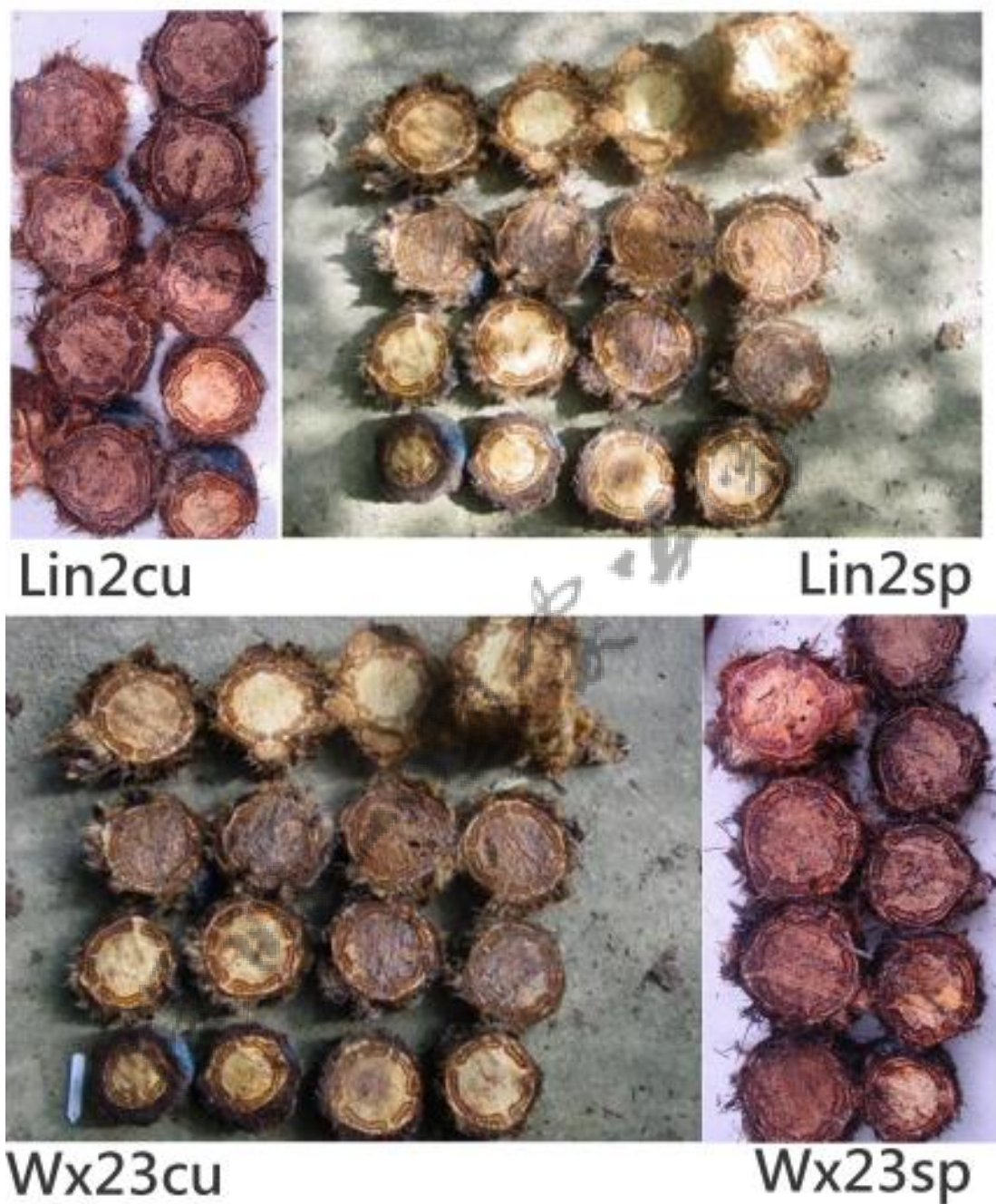


圖 3-31、接種病株內部病徵圖。 Lin2sp 為 Lin2 以孢子液接種、Lin2cu 為 Lin2 以菌絲塊接種、Wx23cu 為 Wx23 以菌絲塊接種、Wx23sp 為 Wx23 以孢子液接種。圖中可看出接種株樹狀莖髓部均有發生褐腐。

（資料來源：本研究實驗結果）

第九節 植群樣區設置與資料分析

依據樣區調查方法，我們針對陽明山國家公園管理處周邊、涓絲瀑布步道、萬溪產業道路南段，以及菁山遊憩區等區域，進行共 27 個 20*20 平方公尺樣區的調查。在資料整理中發現，編號 0329-001 的樣區應屬人工林，因此從分析中去除，最後得到樣區共 26 個（圖 3-32，表 3-6）。

壹、樣區環境特性

在所有樣區中，海拔 400 公尺以下的樣區計有 5 個，400 至 600 公尺有 14 個，600 公尺以上則有 7 個；樣區坡度，涵蓋自 5 度的緩坡到 45 度的陡坡；坡向方面，有 17 個樣區屬於廣義北向（坡向 0-90°, 270-360°），9 個樣區屬於廣義南向（坡向 90°-270°）。土壤含石率從 5%到 35%不等，岩石地比例則多數偏低，但也有少數樣區可達到 35%，甚至 50%。樹冠高的部份，自 4 公尺至 15 公尺高皆有，樹冠密度則從 20%到 65%不等。整體而言，各樣區在不同環境梯度上確實有達到取樣的異質性。此外，共有 7 個樣區含有罹病的筆筒樹，19 個則無。

貳、樣區物種組成概況

在筆筒樹的分布狀況方面，除了 0331-001（無罹病株）以及 1024-001（有罹病株）這兩個樣區的筆筒樹高度不足以進入木本層外，其他 24 個樣區皆有位於木本層的筆筒樹，IVI 自少量的 0.78 到屬於絕對優勢的 85.28 不等（表 3-7）。從相對頻度和 IVI 的對照來看，可以發現只有在少數樣區內，筆筒樹的 IVI 能達到相對頻度的兩倍以上。換句話說，多數樣區內筆筒樹，皆是株數多而平均胸徑偏低的分布狀況，這種情形在罹病樣區內猶為顯著。

在物種組成方面，調查樣區內，樹冠層包含蕨類 1 科 1 屬 2 種，雙子葉植物 37 科 65 屬 91 種，總計 38 科 66 屬 93 種，其中蕨類植物即為杪櫨科之筆筒樹及台灣杪櫨；地被層包括蕨類 19 科 29 屬 54 種，裸子植物 1 科 1 屬 1 種，雙子葉植物 62 科 117 屬 161 種，單子葉植物 11 科 32 屬 43 種，總計

93 科 179 屬 259 種。樣區樹冠層物種數 4-26 種，平均為 15.29 種，地被層物種數 13-73 種，平均為 40.25 種。

在樹冠層調查物種中，以豬腳楠 (*Machilus thunbergii* Sieb. & Zucc.)、鵝掌柴 (*Schefflera octophylla* (Lour.) Harms)、長梗紫麻 (*Oreocnide pedunculata* (Shirai) Masam.)、相思樹 (*Acacia confusa* Merr.)，以及米碎柃木 (*Eurya chinensis* R. Br.) 最為優勢；而樹杞 (*Ardisia sieboldii* Miq.)、牛奶榕 (*Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King)、水金京 (*Wendlandia formosana* Cowan)、奧氏虎皮楠 (*Daphniphyllum glaucescens* Bl. subsp. *oldhamii* (Hemsl.) Huang)、山红柿 (*Diospyros morrisiana* Hance) 等物種，雖然不一定能取得優勢，但亦同樣有廣泛的分布；最優勢的科則包含樟科、茶科、五加科、紫金牛科，以及蕁麻科等。地被層以鬼桫欏 (*Cyathea podophylla* (Hook.) Copel.)、廣葉鋸齒雙蓋蕨 (*Diplazium dilatatum* Bl.)、山月桃 (*Alpinia intermedia* Gagn.)、九節木 (*Psychotria rubra* (Lour.) Poir.)，以及觀音座蓮 (*Angiopteris lygodiiifolia* Rosenst.) 最為優勢；最優勢的科則包含桫欏科、蹄蓋蕨科、茜草科、薑科，及碗蕨科等。

參、樣區植群分析

TWINSPAN 的分析結果，可以將 26 個樣區分為六群，其中第一群包含 0330-002、0330-003、0331-001 及 1024-002 等四個樣區，指標物種為楓香；第二群包含 0330-001、0331-003 及 1024-001 等三個樣區，指標物種為山香圓；第三群包含 0330-006、0331-004 及 0331-005 等三個樣區，指標物種為豬腳楠；第四群包含 0329-003、0329-004、0329-006、0330-005、1011-004 及 1024-003 等六個樣區，沒有特書的指標物種；第五群包含 0329-005、0330-004、0331-002、0923-001、1011-001、1011-002，及 1011-003 等七個樣區，指標物種為相思樹；第六群包含 0329-002、0923-002，及 0923-003 等三個樣區，指標物種為小葉赤楠。

圖 3-33 與 3-34 顯示，無論依照 TWINSpan 所區分之類型或筆筒樹罹病與否為標準，調查樣區都沒有顯著的群聚分化趨勢，顯示在陽明山的筆筒樹植群內，並沒有顯著的構造變異，大致均屬台灣低地山區常見的榕楠林帶。進一步觀察圖 3-35 則更可發現廣泛出現與偶然出現的物種，其趨勢並未因筆筒樹罹病與否有所差異。

肆、樣區物種組成比較

表 3-8 與 3-9 顯示無論以筆筒樹罹病與否、南北坡向或海拔帶差異作為區分標準，常見物種皆大致相似，若進一步比較不同集成樣區的 Sorensen 相似性指數（表 3-10），則可發現大致都在 25-35% 左右，同時不同集成樣區的相似性甚至還可能略高於相同集成樣區內（例如北向坡與南向坡的相似性即高於北向坡內的相似性，有病和無病的相似性亦高於有病內的相似性），可見物種組成確實沒有顯著可辨的差異，因此可結論筆筒樹罹病與否和其伴生物種並沒有關係。

表 3-6、樣區環境資料。

plot_id	X	Y	Z	地形 位置	坡度	土壤 含石率	岩石 地比例	樹冠高	樹冠密度	地表裸露	坡向	X軸 方位角	調查者	記錄者	檢查者
0329-1	309816	2779428	191	5	15	15	15	7	55	30	230	320	林建融、黃昱凱	周佐辰	林建融
0329-2	310302	2780602	429	2	7	5	2	7	45	20	320	240	林建融、黃昱凱	周佐辰	林建融
0329-3	310744	2781032	585	2	30	10	5	4	25	10	300	180	林建融、黃昱凱	周佐辰	林建融
0329-4	311540	2782298	331	3	25	35	2	5	25	5	70	320	林建融、黃昱凱	周佐辰	林建融
0329-5	308967	2780684	395	1	27	7	3	10	60	10	52	140	林建融、黃昱凱	周佐辰	林建融
0329-6	309639	2780474	310	4	15	20	15	8	65	20	322	36	林建融、黃昱凱	周佐辰	林建融
0330-1	301944	2785697	819	5	5	5	15	7	65	15	300	8	林政道、林建融	劉家宜	林建融
0330-2	301835	2785558	818	3	5	5	5	4.5	20	5	356	260	林政道、林建融	劉家宜	林建融
0330-3	301489	2787810	508	3	10	5	5	12	40	25	326	90	林政道、林建融	劉家宜	林建融
0330-4	301448	2786967	545	2	30	5	7	15	55	50	336	200	林政道、林建融	劉家宜	林建融
0330-5	301573	2786513	593	2	45	10	5	15	35	65	260	340	林政道、林建融	劉家宜	林建融
0330-6	302325	2783835	681	4	40	5	35	10	65	60	10	270	林政道、林建融	劉家宜	林建融
0331-1	309225	2786831	322	4	5	5	5	5.5	45	60	14	140	林建融、鄭向廷	周佐辰	林建融
0331-2	307672	2786273	484	2	30	7	3	5.5	60	60	64	310	林建融、鄭向廷	周佐辰	林建融
0331-3	306778	2786560	518	5	20	25	20	7	50	40	110	30	林建融、鄭向廷	周佐辰	林建融
0331-4	308861	2785557	475	5	5	30	25	8	45	35	30	290	林建融、鄭向廷	周佐辰	林建融
0331-5	307135	2784486	755	3	20	10	5	6	60	30	50	150	林建融、鄭向廷	周佐辰	林建融
0923-1	309689	2779197	304	3	10	20	50	9	60	30	303	205	林建融、黃昱凱	鄭柏陽	林建融
0923-2	310559	2781004	516	3	25	5	15	10	60	30	278	188	林建融、黃昱凱	鄭柏陽	林建融
0923-3	310888	2780836	627	1	25	5	10	6	65	15	163	75	林建融、黃昱凱	鄭柏陽	林建融
1011-1	305401	2783220	537	2	7	5	3	13	60	35	168	85	林建融、黃昱凱	鄭柏陽	林建融
1011-2	305207	2782922	493	3	20	7	3	12	55	25	180	93	林建融、黃昱凱	鄭柏陽	林建融
1011-3	306767	2783071	621	2	5	8	2	8	55	50	188	105	林建融、黃昱凱	鄭柏陽	林建融
1011-4	307128	2783302	581	4	20	30	10	13	65	30	142	51	林建融、黃昱凱	鄭柏陽	林建融
1024-001	306248	2785977	670	2	5	10	0	5	70	30	340	330	王冠中、黃昱凱	孫世鐸	孫世鐸
1024-002	308771	2785634	542	2	20	10	0	6	60	40	135	135	王冠中、黃昱凱	孫世鐸	孫世鐸
1024-003	307663	2786167	403	2	30	10	0	6	70	30	70	70	王冠中、黃昱凱	孫世鐸	孫世鐸

【註：XY，TWD97 座標；Z，海拔（單位:公尺）。】

（資料來源：本研究調查結果）

表 3-7、調查樣區內筆筒樹的相對頻度與 IVI。

樣區編號	相對頻度	IVI
0329-002	1.49	1.77
0329-003	11.11	24.76
0329-004	62.50	85.28
0330-001	4.65	5.9
1024-002	2.78	3.55
1024-003	43.75	47
0329-005	2.70	3.46
0329-006	5.48	11.63
0330-002	7.32	27.95
0330-003	4.17	3.89
0330-004	5.48	6.62
0330-005	36.51	52.43
0330-006	4.48	6.16
0331-002	1.90	3.79
0331-003	1.30	1.7
0331-004	25.93	46.33
0331-005	3.70	8.97
0923-001	1.67	2.41
0923-002	2.38	7.13
0923-003	0.41	0.78
1011-001	1.72	2.13
1011-002	0.70	1.83
1011-003	2.06	3.64
1011-004	12.23	31.37

【註：粗體字為罹病樣區。】

(資料來源：本研究調查結果)

表 3-8、依罹病與否與南北坡向，調查樣區內常見伴生物種出現的樣區數。

總計	26	有罹病筆筒樹	7	無罹病筆筒樹	19	北向坡樣區	17	南向坡樣區	9
鵝掌柴	22	樹杞	5	鵝掌柴	18	豬腳楠	15	鵝掌柴	8
豬腳楠	22	豬腳楠	5	豬腳楠	17	鵝掌柴	14	豬腳楠	7
樹杞	16	鵝掌柴	4	水金京	11	樹杞	11	水金京	5
牛奶榕	14	牛奶榕	4	米碎衿木	11	牛奶榕	9	米碎衿木	5
水金京	13	昆欄樹	3	樹杞	11	白匏子	8	山紅柿	5
米碎衿木	12	山紅柿	3	奧氏虎皮楠	11	水金京	8	樹杞	5
奧氏虎皮楠	12	披針葉饅頭果	3	牛奶榕	10	奧氏虎皮楠	8	牛奶榕	5
長梗紫麻	10	長梗紫麻	3	長梗紫麻	7	長梗紫麻	7	相思樹	4
山紅柿	10			白匏子	7	米碎衿木	7	奧氏虎皮楠	4
白匏子	9			山紅柿	7			小花鼠刺	4

(資料來源：本研究調查結果)

表 3-9、依不同海拔間距，調查樣區內常見伴生物種出現的樣區數。

總計	26	<400	5	400-600	14	>600	7
鵝掌柴	22	鵝掌柴	4	鵝掌柴	13	豬腳楠	7
豬腳楠	22	白匏子	3	豬腳楠	12	鵝掌柴	5
樹杞	16	茜草樹	3	樹杞	9	樹杞	5
牛奶榕	14	米碎桉木	3	牛奶榕	8	牛奶榕	5
水金京	13	奧氏虎皮楠	3	水金京	8	奧氏虎皮楠	4
米碎桉木	12	豬腳楠	3	米碎桉木	6		
奧氏虎皮楠	12			山紅柿	6		
長梗紫麻	10			相思樹	6		
山紅柿	10			長梗紫麻	6		
白匏子	9						

(資料來源：本研究調查結果)

表 3-10、依不同海拔間距、筆筒樹罹病與否、南北坡向，調查樣區間物種組成的 Sorensen 相似性指數。

	< 400	400-600	> 600
< 400	23.51		
400-600	30.26	34.13	
> 600	26.9	33.18	31.35

	有病	無病
有病	26.73	
無病	29.45	33.92

	北向坡	南向坡
北向坡	28.9	
南向坡	33.06	35.9

（資料來源：本研究調查結果）

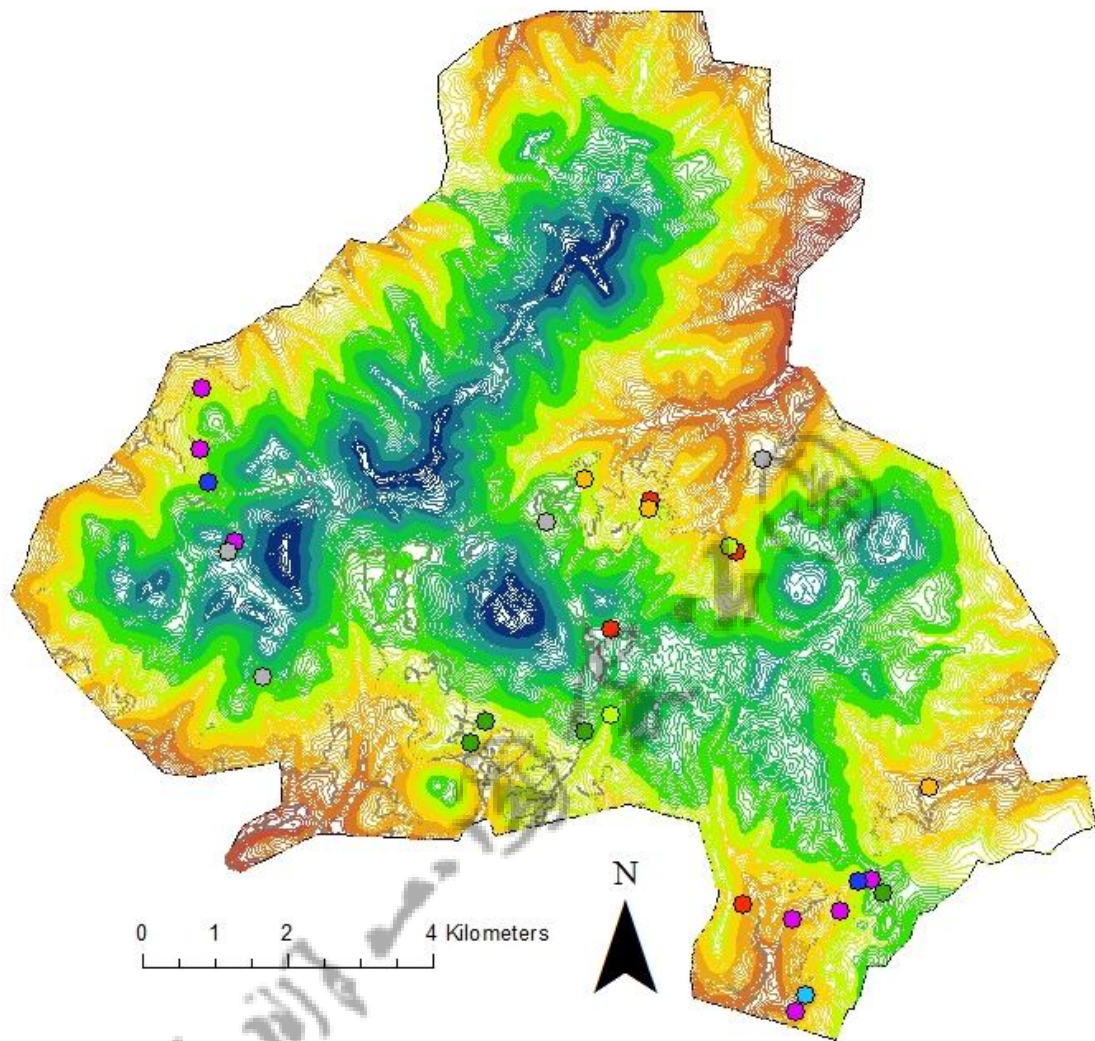


圖 3-32、植群調查樣區之分布位置。不同顏色點位表示坡向，灰色為北方，紅色為東北，黃色為東，黃綠色為東南，綠色為南，水藍為西南，靛青為西，紫色為西北。（資料來源：本研究調查結果）

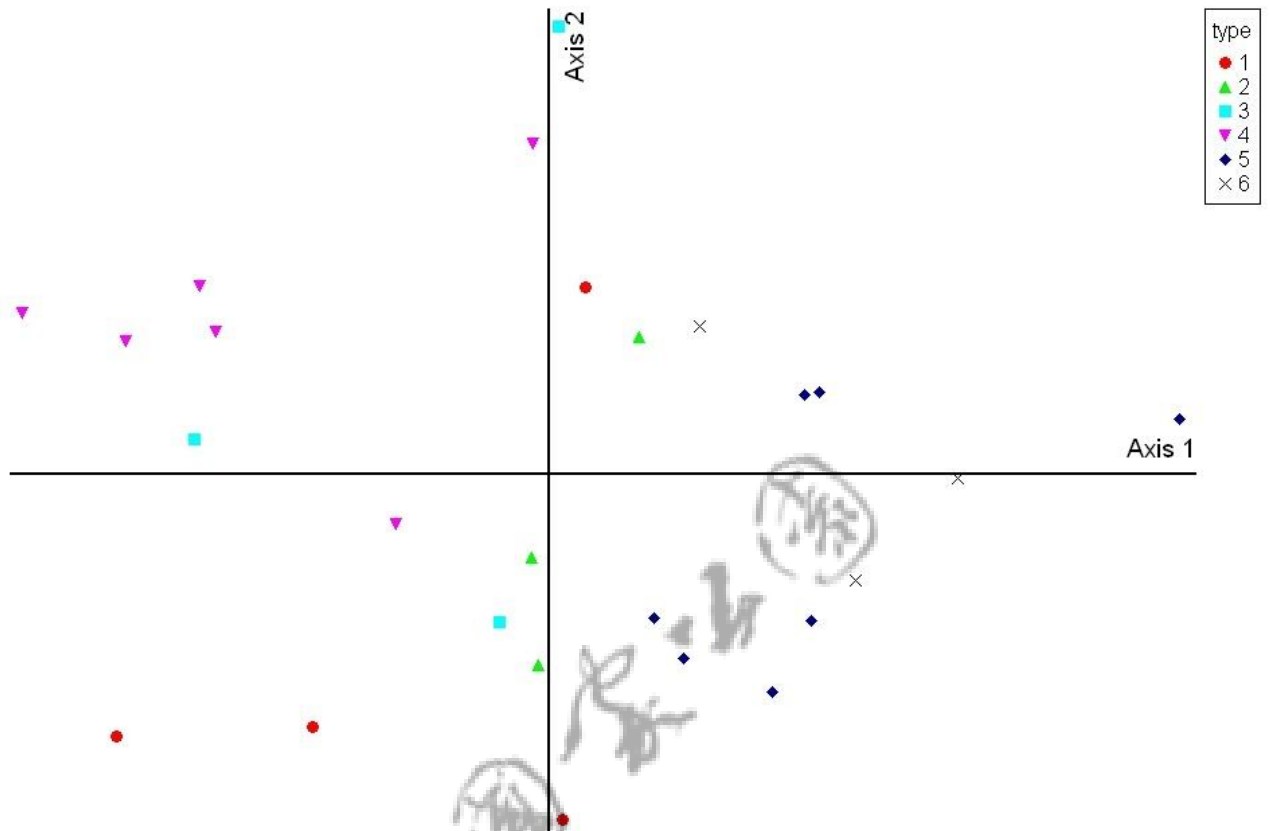


圖 3-33、TWINSpan 分類後各調查樣區在 DCA 的分布圖。

(資料來源：本研究調查結果)

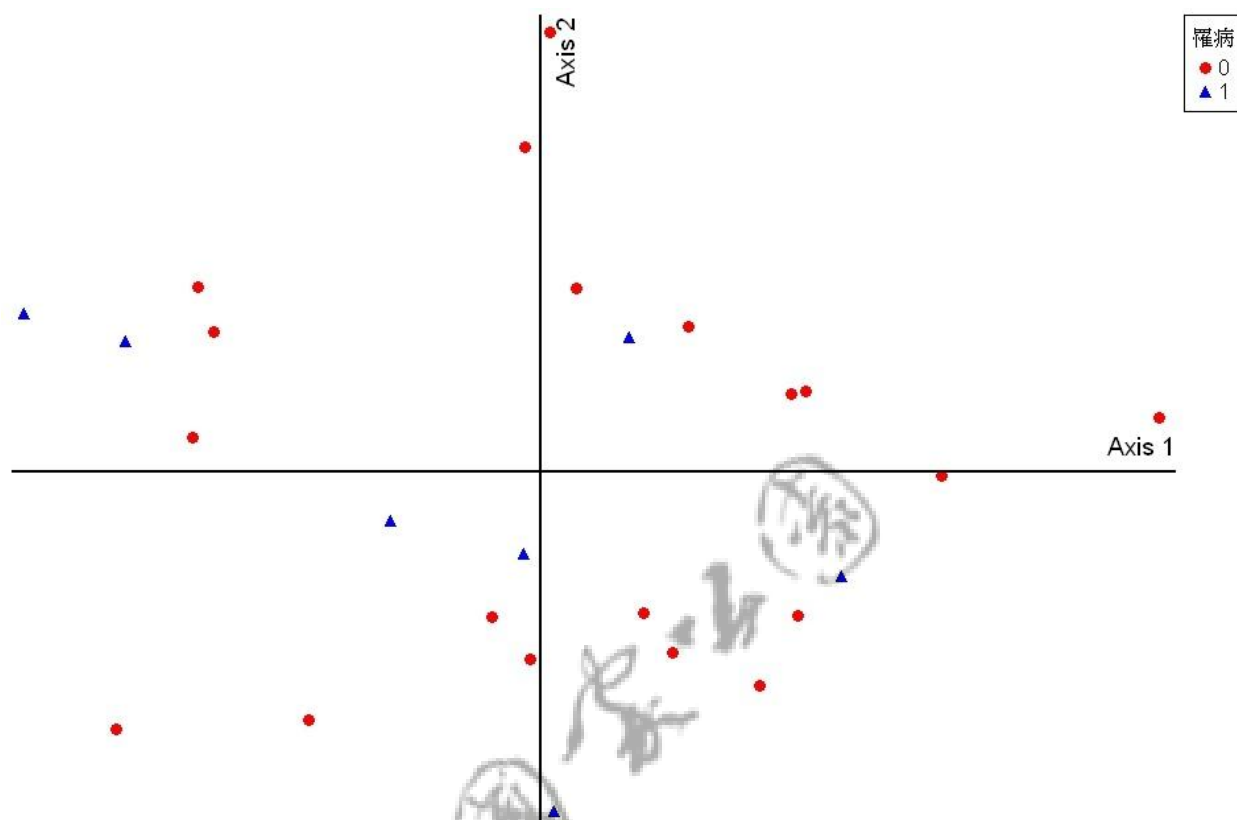


圖 3-34、各調查樣區依罹病與否在 DCA 的分布圖。

(資料來源：本研究調查結果)

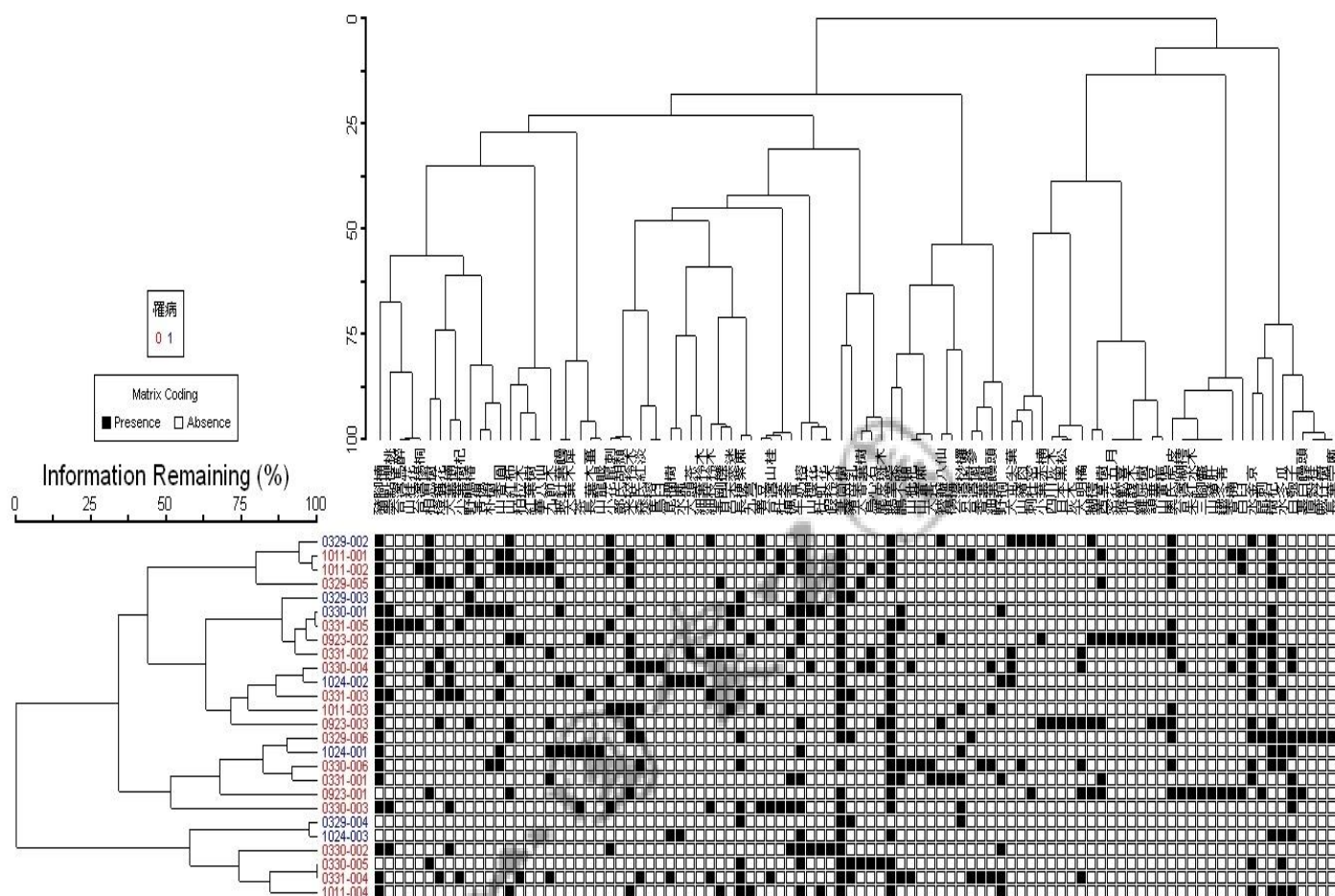


圖 3-35、各調查樣區依罹病與否在 DCA 的物種組成比較。

(資料來源：本研究調查結果)

第十節 罹病樣區監測

首先感謝周華、黃世月、蔡木林、莊平男、陳鶴標，及關吳水趁志工老師參與本研究樣區觀察監測。

壹、罹病率監測成果

樣區編號與位置如圖 3-36、表 3-11 所示，1、3、4、13、19，及 20 樣區位於陽明山核心步道區域，5 及 6 樣區位於中正山，7 及 8 樣區位於巴拉卡公路，9、10、11，及 12 樣區位於陽金公路馬槽至金山段，14 至 18 號樣區共 5 個樣區則是位於萬溪地區。

目前所有監測結果如圖 3-37，於今年監測結果中，樣區 8 及 20 發病率為零，意即沒有發病，其中 8 樣區位於巴拉卡公路，而 20 樣區則是位於陽金公路往陽明書屋附近。樣區中，發病趨勢較低的但有擴散現象者，包括 2、5，及 12，其中 2 樣區位於新園橋，5 樣區位於中正山，12 樣區位於陽金公路後段；這些樣區的罹病率，約在一成到兩成。樣區中，發病嚴重且有擴散現象者，包括 10、11、14、17，及 18 樣區，其中 10 及 11 樣區位於陽金公路近上礮溪；而 14、17，及 18 則是位於萬溪產業道路；罹病率最高者逼近四成，其餘在二成以上。其中，特別的是 18 樣區，罹病率雖在兩成以下，但因樣區內監測數目較高(61 株筆筒樹)，且發病集中，故歸於發病嚴重區。

監測樣區之罹病率與去年 2010 道路監測結果比較(圖 3-38)，圖中樣區點座落位置有不同意義，右上表示連續兩個年度發病嚴重，左下表示兩個年度均無發病，左上表示今年 2011 年發病變嚴重，右下則是表示去年 2010 年發病較嚴重。圖中顯示，多數點位座落於左上方，表示陽明山國家公園 2011 年樣區發病率普遍嚴重。其中，10、15，及 13 號樣區因去年未位於調查範圍內，發病率不可考。今年發病更加嚴重者，包括 1、2、14、17，及 18 等樣區；發病較為趨緩的樣區，則有 9、11，及 12 等。2010 年發病率調查中陽明山國家公園全區發病率約為 12.6%，將陽明山國家公園分成三個區域：

東南區的萬溪地區、陽金公路後段地區及西部地區。2010 年各區罹病死亡率分別為，萬溪地區 19.1%、西部地區 10.8%，及陽金公路後段 30.8%，顯示陽金公路後段發病最為嚴重，其次萬溪。2011 年調查結果中，位於陽金公路後段的樣區罹病率皆降低（樣區 9、11、12），位於萬溪的樣區（14、17、18）罹病率平均由 19.1%略提升為 23.3%，位於陽明山核心區域的樣區則是無顯著變化。在 2010 年調查中，陽金後段罹病率甚高，在某些點位甚至罹病率高達五成（圖 3-13、圖 3-36），有可能因其死亡族群逐漸達到飽和，使得罹病率由 30.8%減少至平均 18.4%，而萬溪地區罹病率在這兩年間調查中，罹病率有上升跡象，應持續監測。為比較 2011 年地區間樣區罹病率有無差異，乃採用單因子變異數分析，針對地區間樣區罹病率無差異之假設進行檢定。檢定結果顯示， $P=0.027<0.05$ ，顯示三個地區罹病率無差異之假設並成立，換言之及三個地區間罹病率在 5%顯著水準下，存有顯著差異。

若進一步針對三者間地區樣區罹病率進行事後均數比較的 Duncan 檢定，結果顯示萬溪地區與陽金公路後段地區樣區罹病率在 5%顯著水準下，並無顯著差異；西部地區樣區與萬溪、陽金公路後段地區樣區罹病率，在 5%顯著水準下，有顯著差異。此結果說明，在萬溪地區罹病率平均達 23.32%，陽金公路後段地區平均樣區罹病率為 18.54%，兩者間在 5%顯著水準下，並無顯著差異。西部地區平均罹病率 8.19%，在 5%顯著水準下，均顯著低於萬溪、陽金公路後段地區樣區罹病率。因此以樣區罹病率在陽明山國家公園範圍空間分布來看，大致以東南區最為嚴重，逐漸往北往西遞減，造成此種分布之原因，仍有待進一步加以探討。

貳、罹病與環境因子

為調查罹病率之攀升是否與環境因子相關，於陽明山國家公園進行微氣候之監測，監測記錄期間每日平均溫、最高溫與最低溫曲線，及罹病趨勢。初步比較結果紀錄顯示，罹病趨勢與溫度間並沒有正相關（圖 3-39 到圖 3-42）。

至於近十年陽明山夏季(六到九月)溫度觀測中記錄顯示,整個夏季均溫從2000到2011年有逐漸下降之趨勢,且最高與最低溫差也逐漸縮小(圖3-43)。2010與2011年的比較中,值得注意的是在六月,2011的六月最高溫與平均溫比2010年分別高了5°C與2°C左右。監測樣區設置時間約在5月30日到6月7日間,到正式開始監測時間7月20日為期一個月中幾乎都有出現罹病率上升之現象(圖3-37)。但是在八月與九月平均溫度較高的期間,多數樣區並無增加罹病率之情形。此研究之氣象資料,主要來自於中央氣象局之測候站與自行架設的溫濕度紀錄儀,但是溫濕度紀錄儀並非架設於樣區內,而是以區域作為設置依據,並不能代表樣區真正之微環境。目前結果仍不能排除溫度對病程之影響,未來可針對高罹病率區域新增設置溫濕度紀錄儀,以收集更精確之樣區微氣候之監測數據與提升可信度。

將位於陽明山國家公園內之兩測候站之逐日氣溫資料抽取年度、月份之日均溫、並以SPSS群集功能設定為月份資料分群以進行Two Way ANOVA分析後,結果如將Two Way ANOVA的結果報表整理後,詳列變異顯著之分群結果如表3-12及表3-13。於鞍部測站中可見,進行分析之結果,於年度及月份間的變異程度實際上僅只有日最高溫分析中的四月份表現為不顯著,而其餘所有結果均為顯著。然而,此一結果僅能代表陽明山地區鞍部氣象站之溫度資料於過去11年間於不同年度間各月份間確實有著相當大的差異,無法確認是否於近幾年之氣溫與過去之氣溫有顯著差異,是故詳列出了變異分群表以便進一步進行探討。

由表3-12及表3-13分別觀察,鞍部測站之日均溫以及最高溫,於陽明山筆筒樹植株開始大量發病的近三年(2008年至2010年)間,實際上於分群中,並沒有集中之性狀。依照假設,倘若近年之氣溫資料與過去其餘年間之資料有一定程度之差異,於分群中此三年度之資料應集中於高溫群中。但實際觀察分析之結果,則可發現實際上於各個月分間有著相當大的差異。就最

高溫的夏季而言，亦可發現於六月、七月、八月等月份，並沒有出現如同假說中所設定之現象。因此，就月份間於年度中的變異雖為顯著，但 11 年間之資料卻沒有一固定之特性呈現，亦即並沒有呈現近年來溫度升高之情形。

竹子胡氣象站日均溫、日最高溫資料之 Two Way ANOVA 之分析結果，如表 3-14 及表 3-15 所示。其結果與鞍部氣象站之結果而言，可以發現所有月份於年度上之資料變異程度均為顯著。並且於細部之分群結果上來說，雖因海拔之差異產生分群結果上之不同，但對於假說中所預期見到之近三年 (2008 年至 2010 年) 之溫度變異產生較大幅度之變異，並預期可能與陽明山地區之筆筒樹發病有關之現象，實際上於細部分群表中依然無法找到此一特定之趨勢。如同表 3-14 及表 3-15 中之呈現，無論就日均溫，抑或是日最高溫的分析結果當中，各個月份間實際上是呈現一相當雜亂而無一固定之變異趨勢呈現。並且，對於氣溫較高的夏季月份中，於推估中所預期看到之變異現象亦無出現。

對氣溫資料變異研究之分析結論，細部的資料對於「陽明山地區之氣溫改變可能導致筆筒樹之發病」此一假說，確實於數據當中無法進行佐證。亦即，此一分析結果確實呈現出了不同月份於年度上之差異性，但對於筆筒樹發病的近二、三年間，實際上與過去年度間並沒有呈現一特定之變異趨勢。因此，就結論上而言，氣溫之變異對於陽明山地區筆筒樹之發病誘導之可能性，或許機率上不完全為零，但就分析之結果而言，則是不支持此一論點的。另一方面，對於全球暖化之下的溫度提升，於陽明山地區之二測站所蒐集之氣溫資料，並沒有此一顯著之趨勢。

參、發病傳播模式

將每週監測結果，利用 GIS 標定樣區內每木相關位置後，製備成地圖（如附錄），挑選出具罹病株且有感染擴散跡象之樣區，嘗試計算擴散半徑（樣區 2、3、5、10、11、12、14、15、16、17，及 18），以最初感染之罹

病株為圓心，測量與後期發生感染罹病株之距離，作為半徑之數據依據（圖 3-44）。若有數個初始感染發生點，則將多個擴散半徑加以平均（表 3-11），平均擴散半徑為 51 公尺。根據一些病害傳播模式研究（Coutts et al., 2011; Vaillant, 2011; Sanchez-Pale, 2011），其中蟲媒傳播研究中，*Sugarcane yellow leaf virus*（SYLV）由高粱蚜傳播，*Zucchini yellow mosaic virus*（ZYMV）由瓜蚜傳播，實驗皆在試驗田中進行。SYLV 研究顯示，甘蔗種植於田間後，其發病狀況隨著栽植時間增長，病害發生密度愈高（附錄十一）。ZYMV 研究顯示，紅點為感染集中區，藍點為無感染集中區，中間條帶為感染源，長方形上方為上風帶，下方為下風帶，結果可看出感染集中區位於感染源之下風帶，隨著離感染源距離增加，感染聚集情形減少（附錄十二）。而玉米絲黑穗病菌，媒介為風傳冬孢子，由根入侵玉米，值得注意的是附錄中的 scale bar 參數不同，並非紅色即為高發病（附錄十三）。附錄圖中可看出病程發生呈隨機，並無特別聚集趨勢。綜合目前結果，最初病害發生為隨機無特別偏好；傳播途徑上，在為期近三個月的觀察中，雖然分析結果不像蟲媒研究那樣高的發生率，但是蟲媒研究多應用於農作物，且病原為病毒，與本研究真菌性病害之差異性有許多討論空間。而與風媒性病害之比較上，亦有同樣原理，森林病害與田間作物病害難以同論，但在病勢程度、聚集特性，以及擴散尺度上，比較相像風媒傳播。至於主動感染、被動感染，或是伺機感染，目前仍還無法下定論。以上解釋僅立論於一年的研究觀察結果，應持續監測發病樣區，增加立論之可信度，以及統計檢測的真實性。

表 3-11、監測樣區罹病相關資料。

樣區	X	Y	2010病株數 (株)	2010筆筒樹立木數 (株)	2010罹病率 (%)	2010病株數 (株)	2010筆筒樹立木數 (株)	2011罹病率 (%)	擴散半徑 (m)
1	304281	2784739	2	22	9.09	4	18	22.22	NA
2	305608	2782503	0	36	0.00	8	34	23.53	87
3	304676	2782701	6	37	16.22	3	23	13.04	23
4	304348	2783614	6	76	7.89	2	26	7.69	NA
5	302439	2783755	0	84	0.00	3	31	9.68	55
6	302945	2784426	2	76	2.63	1	40	2.50	NA
7	301369	2786142	3	40	7.50	1	29	3.45	NA
8	302287	2786360	0	99	0.00	0	29	0.00	NA
9	306248	2785977	4	38	10.53	1	23	4.35	NA
10	308771	2785634	NA	NA	NA	8	31	25.81	72
11	309693	2787530	33	58	56.90	7	25	28.00	73
12	307663	2786167	13	52	25.00	4	25	16.00	47
13	305235	2783184	NA	NA	NA	1	37	2.70	NA
14	310497	2780803	9	41	21.95	14	39	35.90	56
15	310958	2780760	NA	NA	NA	3	32	9.38	30
16	310777	2781344	10	45	22.22	6	35	17.14	40
17	310852	2781856	2	60	3.33	14	37	37.84	42
18	311770	2782377	8	69	11.59	10	61	16.39	31
19	304930	2782824	12	68	17.65	2	38	5.26	NA
20	305111	2783501	5	23	21.74	0	20	0.00	NA
平均						5	32	14.04	51

【註：XY，TWD97 座標；NA，無調查結果或是無擴散跡象。】

（資料來源：本研究調查結果）

表 3-12、鞍部測站日均溫於不同月份/年份間之分群表。

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
2000	11.052 (abc)	10.331 (c)	13.304 (abc)	16.053 (bcd)	19.277 (abc)	22.180 (a)	22.816 (d)	22.535 (d)	20.457 (d)	19.371 (a)	16.090 (ab)	13.371 (a)
2001	11.526 (a)	12.625 (b)	13.387 (abc)	16.277 (abcd)	19.868 (ab)	22.297 (a)	23.032 (cd)	23.223 (ab)	20.713 (cd)	17.542 (b)	13.633 (d)	11.894 (abc)
2002	10.155 (abc)	11.436 (bc)	15.016 (a)	18.027 (a)	20.010 (ab)	22.183 (a)	23.429 (bc)	22.123 (abc)	20.633 (d)	18.558 (ab)	14.413 (bcd)	13.023 (ab)
2003	9.742(abc)	11.907 (bc)	12.206 (bc)	17.893 (ab)	19.342 (abc)	21.473 (ab)	24.200 (a)	23.497 (a)	21.653 (b)	17.361 (b)	16.023 (ab)	10.539 (cd)
2004	9.048(bc)	11.659 (bc)	11.823 (c)	16.403 (abcd)	20.094 (ab)	20.803 (bc)	22.939 (d)	22.848 (bcd)	21.140 (bcd)	16.071 (c)	15.420 (abc)	12.603 (ab)
2005	9.497(abc)	11.354 (bc)	11.290 (c)	16.973 (abc)	20.429 (a)	21.893 (a)	23.132 (bcd)	22.816 (bcd)	21.503 (bc)	18.061 (b)	16.050 (ab)	9.729(d)
2006	11.477 (a)	11.693 (bc)	12.516 (bc)	17.070 (abc)	19.390 (abc)	21.860 (a)	23.516 (b)	23.123 (abc)	20.603 (d)	18.416 (ab)	16.393 (a)	12.216 (abc)
2007	10.658 (abc)	12.839 (b)	14.113 (ab)	15.270 (cd)	20.377 (a)	22.207 (a)	24.013 (a)	22.684 (cd)	21.180 (bcd)	17.819 (b)	14.090 (cd)	12.913 (ab)
2008	10.910 (abc)	8.179(d)	13.348 (abc)	16.850 (abc)	18.871 (bc)	21.843 (a)	22.887 (d)	22.952 (bcd)	21.480 (bc)	19.316 (a)	14.820 (abcd)	11.590 (abcd)
2009	8.929(c)	14.793 (a)	12.655 (bc)	14.810 (d)	18.619 (c)	21.880 (a)	23.119 (bcd)	23.168 (ab)	22.480 (a)	17.974 (b)	15.323 (abc)	10.477 (cd)
2010	11.148 (ab)	12.689 (b)	14.023 (ab)	14.630 (d)	19.252 (abc)	20.513 (c)	23.197 (bcd)	22.987 (bc)	21.650 (b)	17.661 (b)	14.563 (bcd)	11.226 (bcd)

(資料來源：本研究統計結果)

表 3-13、鞍部測站日最高溫於不同月份/年分間之分群表。

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
2000	14.081 (abc)	12.866 (cd)	17.110 (abc)	-	23.477 (ab)	25.903 (a)	26.929 (bcd)	26.358 (cd)	24.357 (ab)	22.258 (a)	18.583 (ab)	15.806 (ab)
2001	15.219 (a)	16.554 (ab)	18.119 (ab)	-	23.313 (ab)	26.340 (a)	27.465 (bcd)	27.613 (ab)	22.700 (c)	20.345 (bcd)	16.880 (bc)	15.281 (ab)
2002	13.561 (abc)	15.736 (b)	19.352 (a)	-	24.368 (a)	25.773 (a)	27.616 (bc)	27.345 (abc)	24.070 (abc)	22.216 (a)	17.323 (abc)	16.358 (a)
2003	13.742 (abc)	16.261 (ab)	16.274 (bc)	-	22.852 (ab)	25.100 (ab)	29.177 (a)	28.048 (a)	25.230 (a)	20.816 (abc)	18.597 (ab)	13.871 (abc)
2004	12.316 (bc)	15.934 (b)	15.174 (c)	-	24.323 (a)	24.203 (bc)	27.252 (bcd)	26.626 (bcd)	24.637 (a)	28.845 (d)	18.213 (ab)	15.403 (ab)
2005	12.045 (bc)	14.543 (bc)	16.152 (bc)	-	23.861 (ab)	25.487 (ab)	27.448 (bcd)	26.777 (bcd)	25.283 (a)	20.332 (bcd)	19.280 (a)	12.616 (c)
2006	14.555 (ab)	15.018 (bc)	16.565 (bc)	-	22.661 (ab)	25.463 (ab)	26.955 (bcd)	26.732 (bcd)	23.093 (bc)	21.232 (ab)	49.483 (a)	14.645 (abc)
2007	13.219 (abc)	16.739 (ab)	17.342 (abc)	-	24.258 (a)	25.210 (ab)	27.984 (b)	26.077 (d)	23.923 (abc)	19.429 (cd)	15.713 (c)	15.487 (ab)
2008	13.748 (abc)	10.407 (d)	17.652 (abc)	-	22.368 (b)	25.397 (ab)	26.497 (d)	26.910 (bcd)	24.177 (ab)	22.400 (a)	17.577 (abc)	15.077 (ab)
2009	11.606 (c)	18.871 (a)	16.281 (bc)	-	22.594 (ab)	25.607 (ab)	26.865 (cd)	26.761 (bcd)	25.400 (a)	19.858 (bcd)	17.967 (ab)	13.406 (bc)
2010	14.416 (ab)	16.068 (ab)	18.484 (ab)	-	22.935 (ab)	23.280 (c)	27.187 (bcd)	26.684 (bcd)	25.110 (a)	19.839 (bcd)	16.600 (bc)	15.013 (ab)

(資料來源：本研究統計結果)

表 3-14、竹子湖測站日均溫於不同月份/年份間之分群表。

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
2000	12.719 (abc)	11.931 (c)	14.884 (ab)	17.563 (bcd)	21.035 (ab)	23.620 (ab)	24.500 (d)	23.906 (e)	22.227 (c)	21.152 (ab)	17.747 (ab)	15.200 (a)
2001	13.258 (a)	13.954 (bc)	14.774 (ab)	17.783 (bcd)	21.206 (ab)	23.840 (a)	24.606 (d)	24.916 (ab)	22.210 (c)	19.303 (c)	15.483 (d)	13.629 (abc)
2002	11.832 (abc)	13.186 (bc)	16.577 (a)	19.630 (a)	21.677 (a)	23.777 (a)	24.739 (d)	24.700 (abc)	22.160 (c)	20.097 (bc)	15.917 (cd)	14.319 (abc)
2003	11.271 (abc)	13.479 (bc)	13.745 (bc)	19.270 (ab)	20.758 (ab)	22.890 (abc)	25.861 (a)	25.129 (a)	22.440 (ab)	19.274 (c)	17.630 (ab)	12.413 (cd)
2004	10.990 (bc)	13.431 (bc)	13.535 (bc)	17.870 (abcd)	21.806 (a)	22.643 (bc)	24.477 (d)	24.329 (cde)	22.430 (c)	17.661 (d)	17.167 (abc)	14.242 (abc)
2005	10.935 (c)	12.600 (bc)	12.745 (c)	18.473 (abc)	21.774 (a)	23.287 (abc)	24.739 (d)	24.329 (cde)	23.517 (ab)	20.400 (abc)	18.153 (a)	11.426 (d)
2006	13.032 (ab)	13.186 (bc)	13.948 (bc)	18.637 (abc)	21.158 (ab)	23.333 (ab)	24.958 (cd)	24.481 (bcd)	22.037 (c)	20.045 (bc)	17.903 (ab)	13.658 (abc)
2007	12.348 (abc)	14.561 (b)	15.442 (ab)	16.810 (cd)	21.713 (a)	23.500 (ab)	25.535 (ab)	24.174 (de)	22.817 (bc)	19.568 (c)	15.837 (cd)	14.677 (ab)
2008	12.574 (abc)	9.893 (d)	15.103 (ab)	18.517 (abc)	20.568 (ab)	23.223 (abc)	24.619 (d)	24.910 (ab)	23.240 (ab)	21.252 (a)	16.763 (abcd)	13.625 (abc)
2009	10.929 (c)	16.489 (a)	14.597 (abc)	16.850 (cd)	20.390 (b)	23.430 (ab)	24.948 (cd)	24.894 (ab)	23.813 (a)	19.539 (c)	16.763 (abcd)	12.471 (cd)
2010	12.529 (abc)	14.018 (bc)	15.565 (ab)	16.477 (d)	21.074 (ab)	22.313 (c)	25.300 (bc)	25.158 (a)	23.840 (a)	19.777 (c)	16.430 (bcd)	12.910 (bcd)

(資料來源：本研究統計結果)

表 3-15、竹子湖測站日最高溫於不同月份/年分間之分群表。

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
2000	16.319 (ab)	14.576 (cd)	19.074 (abc)	21.197 (c)	25.971 (ab)	27.843 (ab)	29.123 (cd)	28.442 (d)	26.493 (abc)	24.587 (ab)	20.747 (abc)	17.952 (ab)
2001	17.003 (a)	17.989 (b)	19.465 (abc)	21.657 (bc)	24.810 (ab)	28.500 (a)	29.506 (bcd)	29.597 (abc)	24.637 (d)	22.390 (cde)	19.030 (bcd)	17.177 (ab)
2002	15.629 (ab)	17.911 (b)	21.100 (a)	24.647 (a)	26.542 (a)	28.083 (ab)	29.255 (cd)	29.906 (ab)	26.687 (abc)	24.045 (abc)	19.217 (bcd)	17.787 (ab)
2003	15.558 (ab)	18.196 (b)	18.268 (bc)	23.763 (ab)	24.661 (b)	26.860 (bc)	31.381 (a)	30.694 (a)	27.410 (ab)	23.252 (bcd)	20.670 (abc)	15.977 (abc)
2004	14.645 (ab)	17.976 (b)	17.332 (c)	22.483 (abc)	26.503 (a)	26.987 (abc)	29.494 (bcd)	28.710 (cd)	26.250 (bc)	20.868 (e)	20.740 (abc)	17.513 (ab)
2005	13.752 (b)	16.004 (bc)	17.735 (bc)	23.063 (abc)	25.526 (ab)	27.083 (ab)	29.355 (cd)	28.806 (cd)	27.603 (ab)	22.810 (cd)	21.183 (ab)	14.426 (c)
2006	16.497 (ab)	16.743 (bc)	17.774 (bc)	22.420 (abc)	24.803 (ab)	27.413 (ab)	29.077 (d)	28.726 (cd)	25.197 (cd)	23.435 (abcd)	21.487 (a)	16.606 (abc)
2007	15.510 (ab)	18.811 (ab)	18.897 (abc)	20.740 (c)	26.290 (ab)	27.193 (ab)	30.455 (ab)	28.377 (d)	26.293 (bc)	21.890 (de)	18.157 (d)	18.229 (a)
2008	16.190 (ab)	12.662 (d)	20.235 (ab)	22.613 (abc)	25.135 (ab)	27.860 (ab)	29.026 (d)	30.077 (ab)	26.783 (ab)	25.035 (a)	19.963 (abcd)	17.500 (ab)
2009	14.148 (b)	21.207 (a)	18.858 (abc)	20.680 (c)	25.239 (ab)	28.050 (ab)	29.639 (bcd)	29.448 (bcd)	27.647 (ab)	22.052 (de)	19.787 (abcd)	15.668 (bc)
2010	16.206 (ab)	17.686 (b)	20.284 (ab)	20.663 (c)	25.310 (ab)	25.587 (c)	30.213 (bc)	29.781 (abc)	27.993 (a)	22.352 (cde)	18.897 (cd)	16.971 (ab)

(資料來源：本研究統計結果)

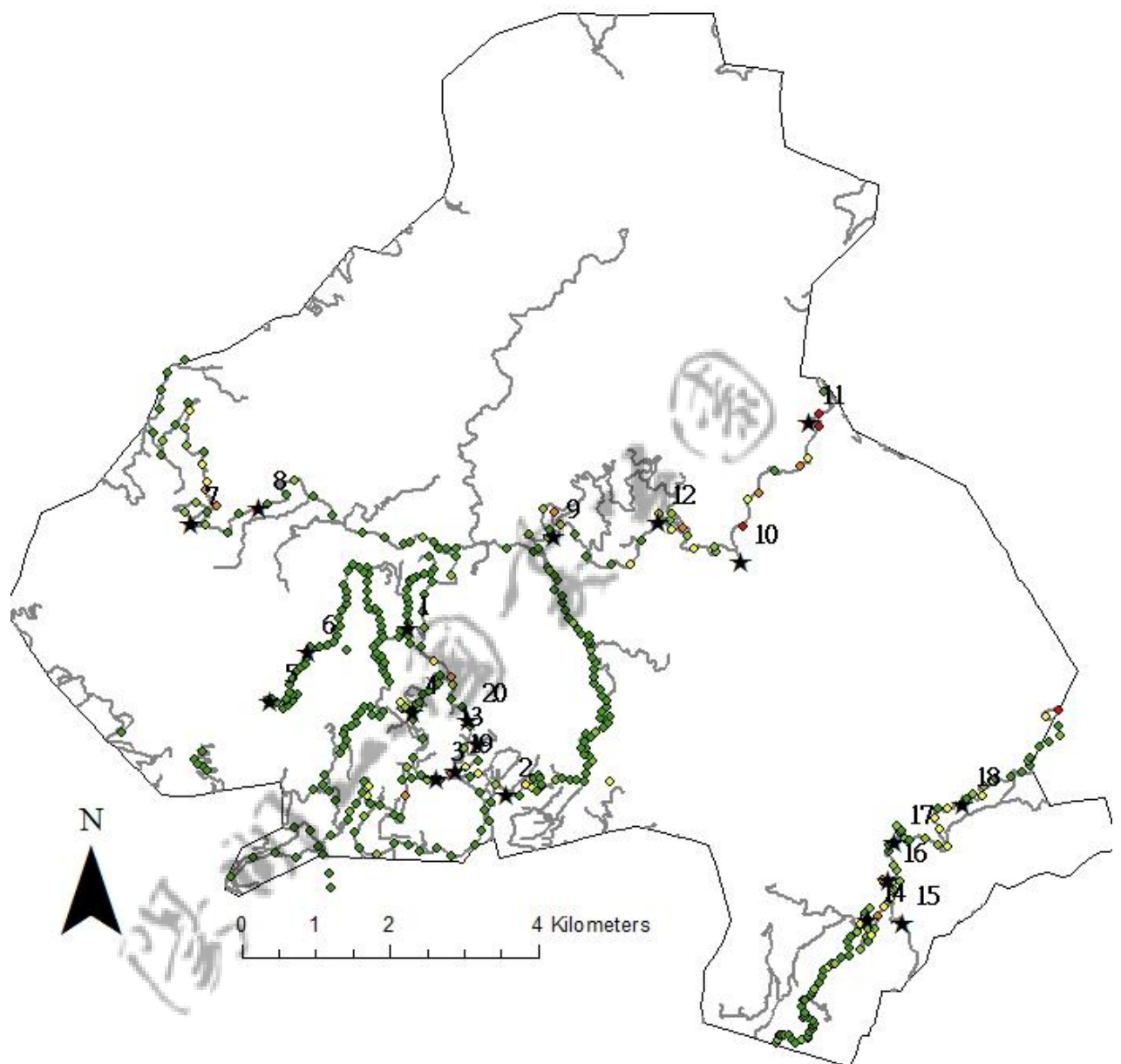


圖 3-36、2011 年監測樣區之分布位置與 2010 年全區車道調查。根據 2010 年調查結果，依筆筒樹族群密度及發病狀況等，設置 2011 年監測樣區。

（資料來源：本研究調查結果）

各樣區罹病率

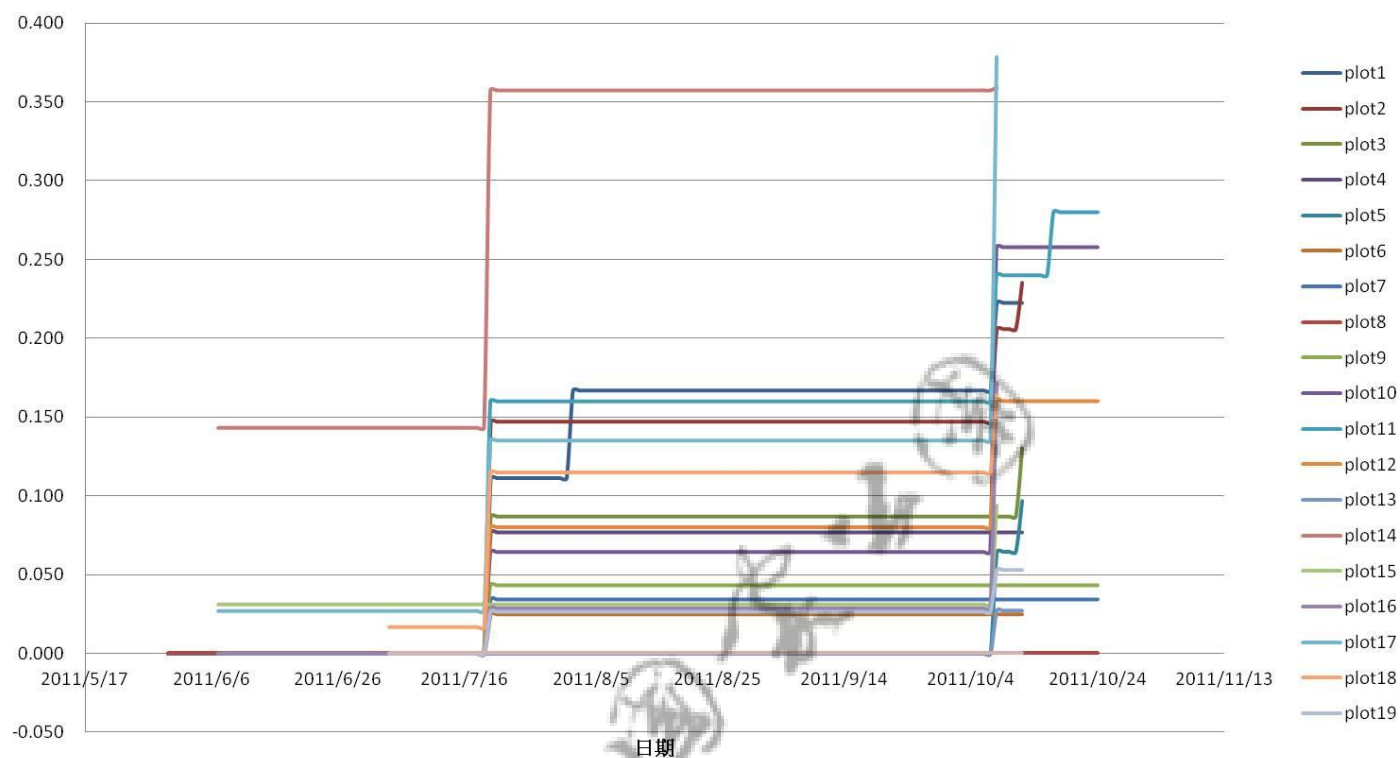


圖 3-37、監測樣區發病狀況。x 軸為日期，y 軸為罹病比例。

(資料來源：本研究調查結果)

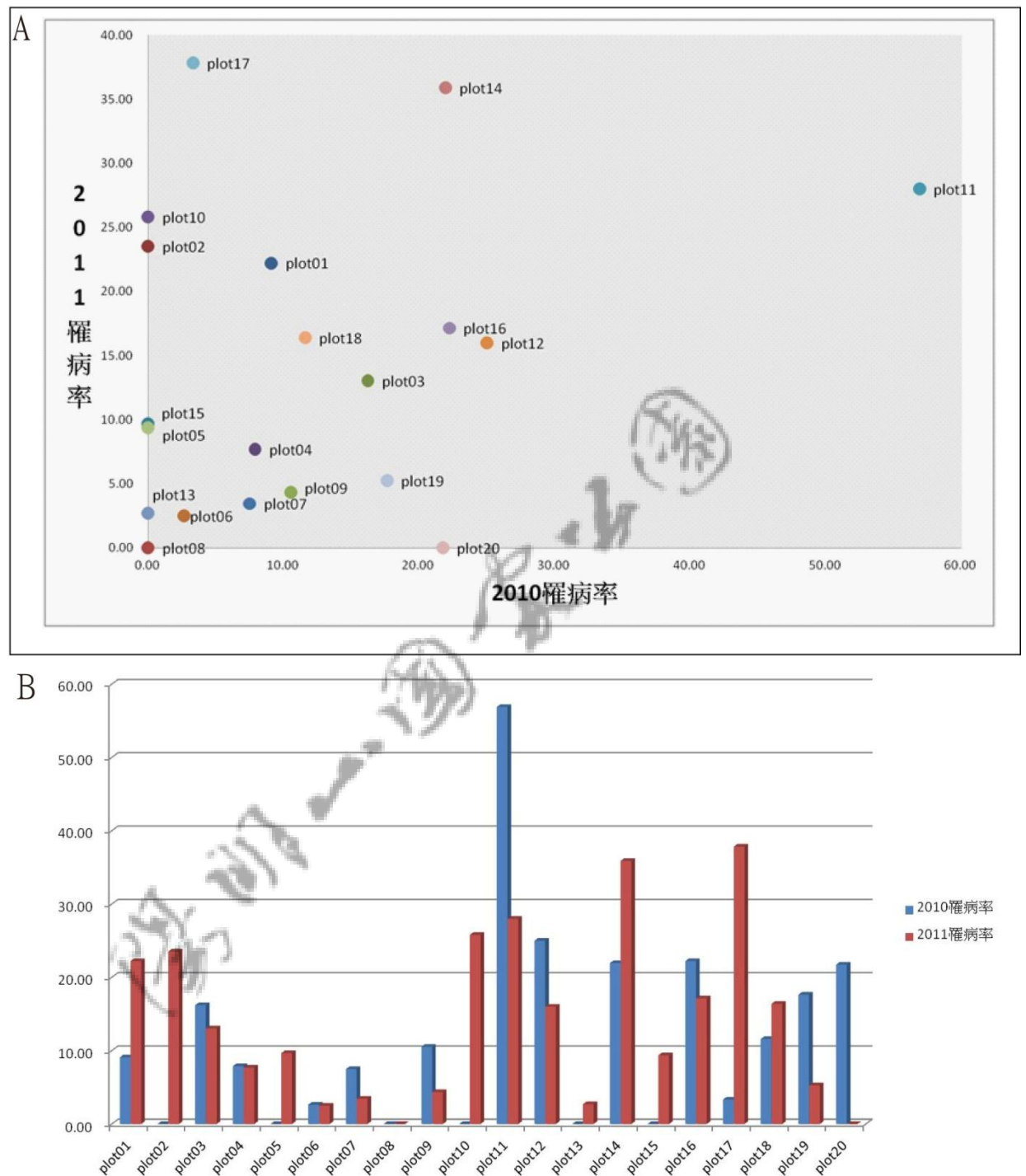


圖 3-38、各監測樣區 2010 年與 2011 年之罹病率比較。其中樣區 10、13、15 因缺乏 2010 年調查資料，故定其罹病率為 0。A 為分布圖，B 為柱狀圖。

(資料來源：本研究調查結果)

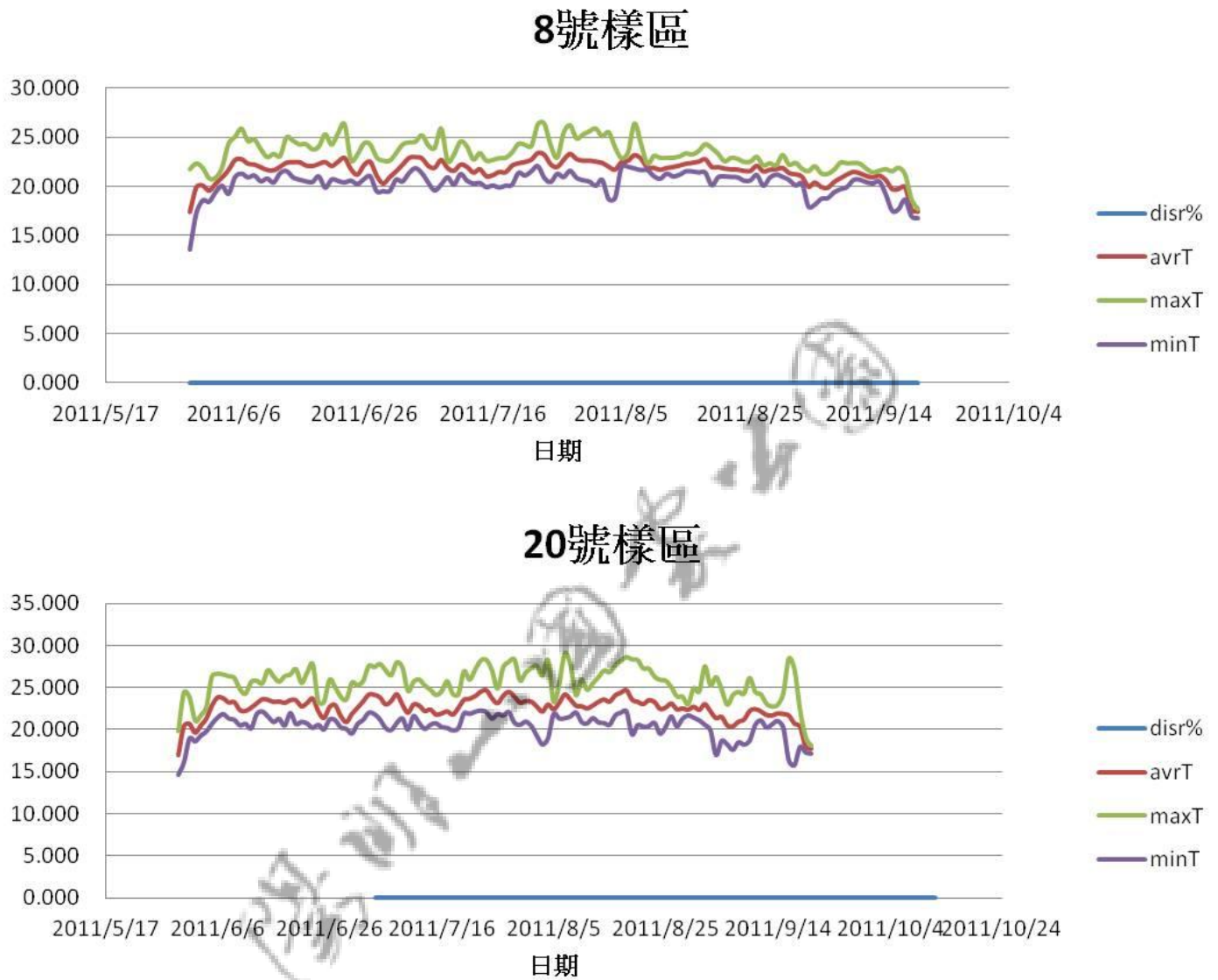
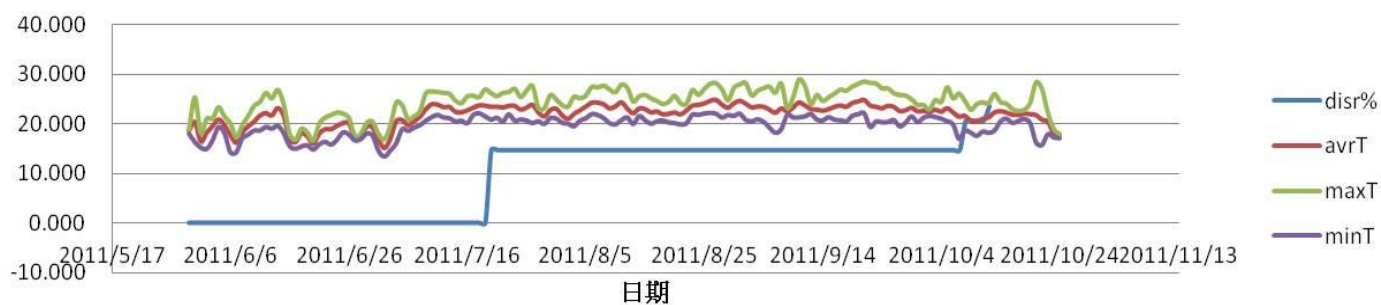


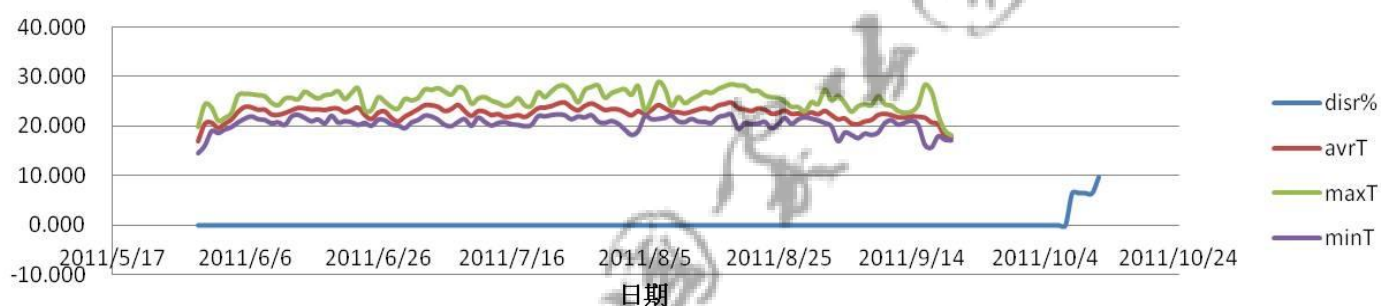
圖 3-39、樣區罹病狀況一。圖中為 8 與 20 樣區，分別位於巴拉卡公路與陽管處附近，於 2011 年調查中完全無發病狀況。dis%，罹病率；avrT，平均溫度；maxT，最高溫；minT 最低溫。

（資料來源：本研究調查結果）

2號樣區



5號樣區



12號樣區



圖 3-40、樣區罹病狀況二。圖中為 2、5 以及 12 號樣區，分別位於新園橋、中正山步道，以及陽金公路後段，於 2011 年調查中發病狀況中，罹病率介於一成與二成間。dis%，罹病率；avrT，平均溫度；maxT，最高溫；minT 最低溫。

(資料來源：本研究調查結果)

10號樣區



11號樣區

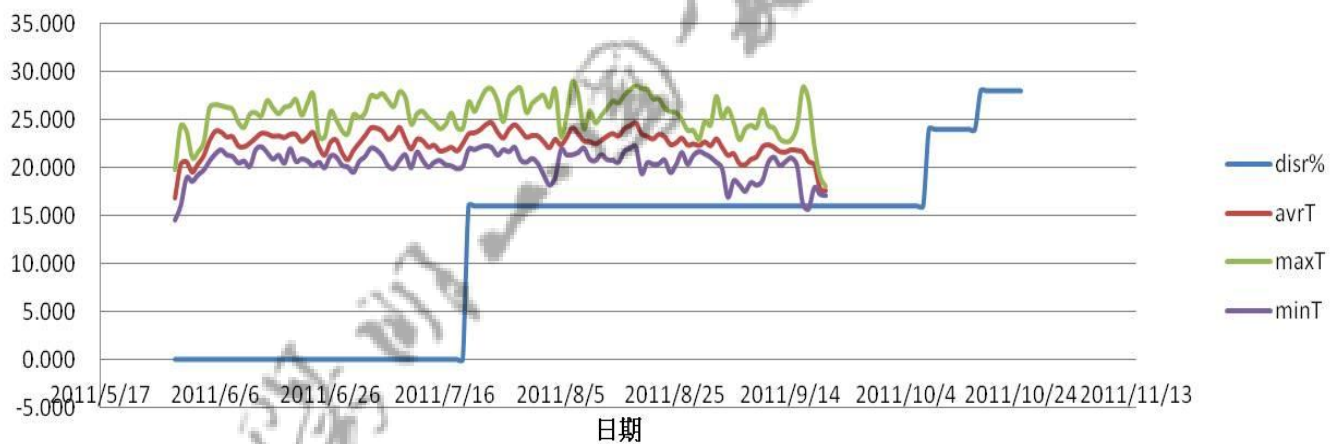


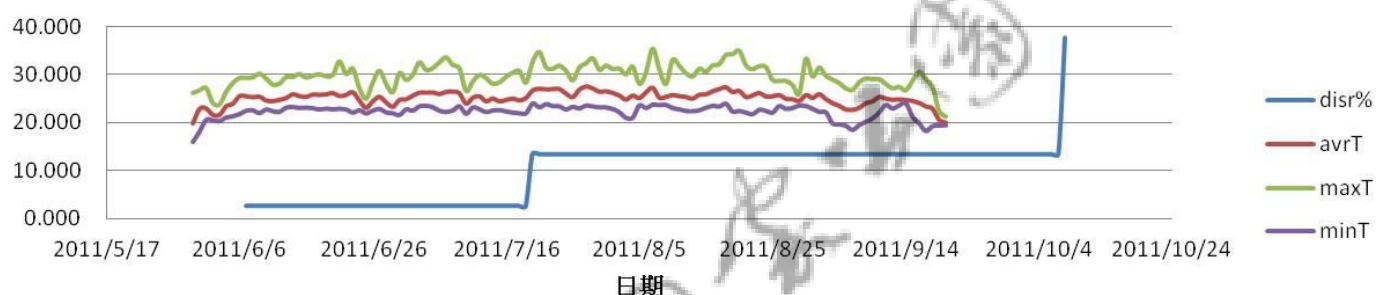
圖 3-41、樣區罹病狀況三。圖中為 10 與 11 號樣區，位於上礮溪停車場附近，於 2011 年調查中發病狀況嚴重，罹病率介於超過二成。dis%，罹病率；avrT，平均溫度；maxT，最高溫；minT 最低溫。

（資料來源：本研究調查結果）

14號樣區



17號樣區



18號樣區



圖 3-42、樣區罹病狀況四。圖中為 14、17，以及 18 號樣區，位於萬溪產業道路，於 2011 年調查中發病狀況嚴重，罹病率超過三成。特別的是 18 號樣區，雖罹病率僅近兩成，因其樣區內含有 60 株樣木，且發病有擴散跡象，故納入嚴重區。dis%，罹病率；avrT，平均溫度；maxT，最高溫；minT 最低溫。

（資料來源：本研究調查結果）

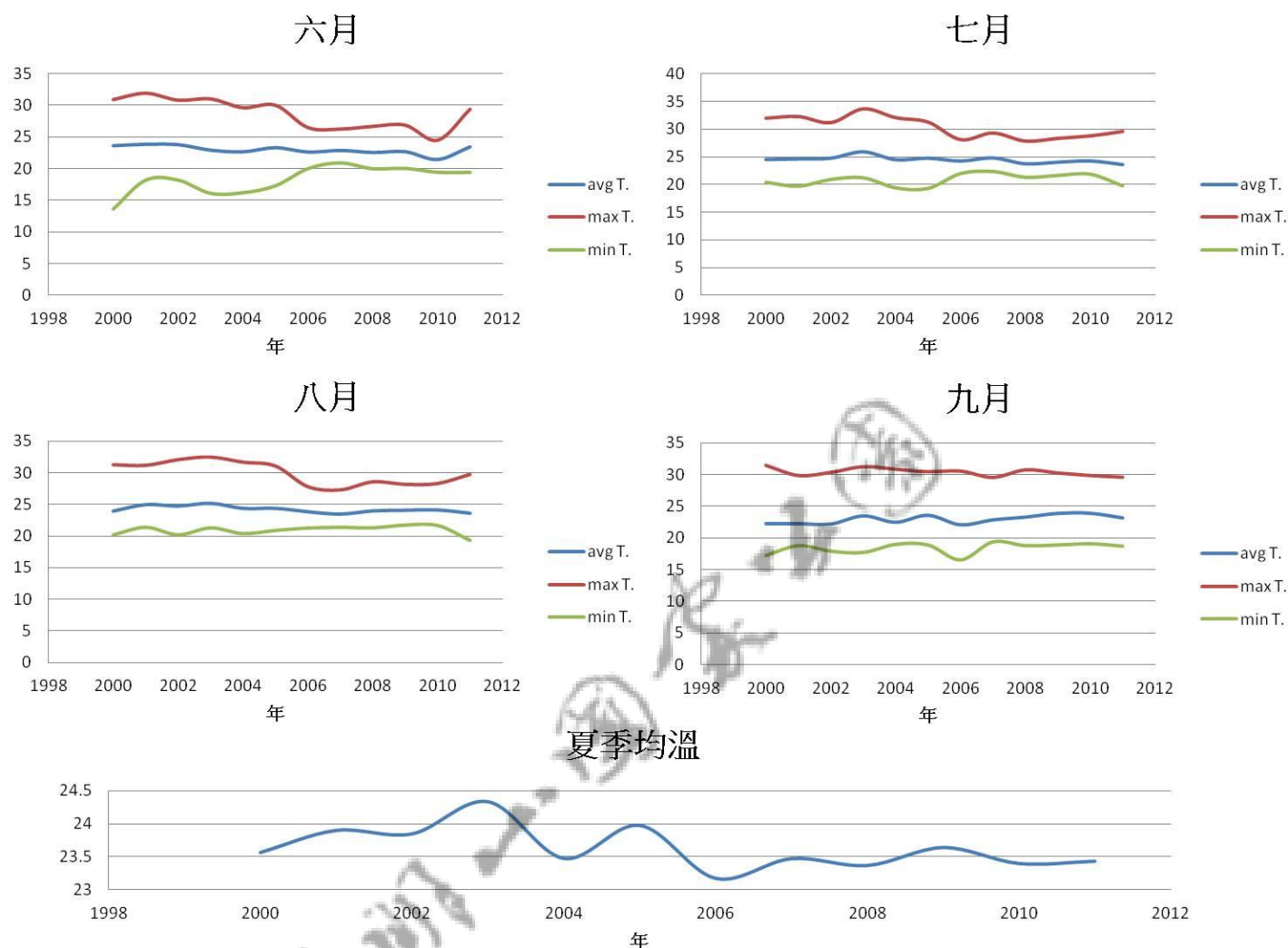


圖 3-43、陽明山近十年夏季氣候資料。圖中氣候資料 2000-2010 年為竹仔湖氣象站之統計資料，2011 年為本研究架設溫濕度紀錄儀資料。avrT，平均溫度；maxT，最高溫；minT 最低溫。

（資料來源：中央氣象局、本研究調查結果）

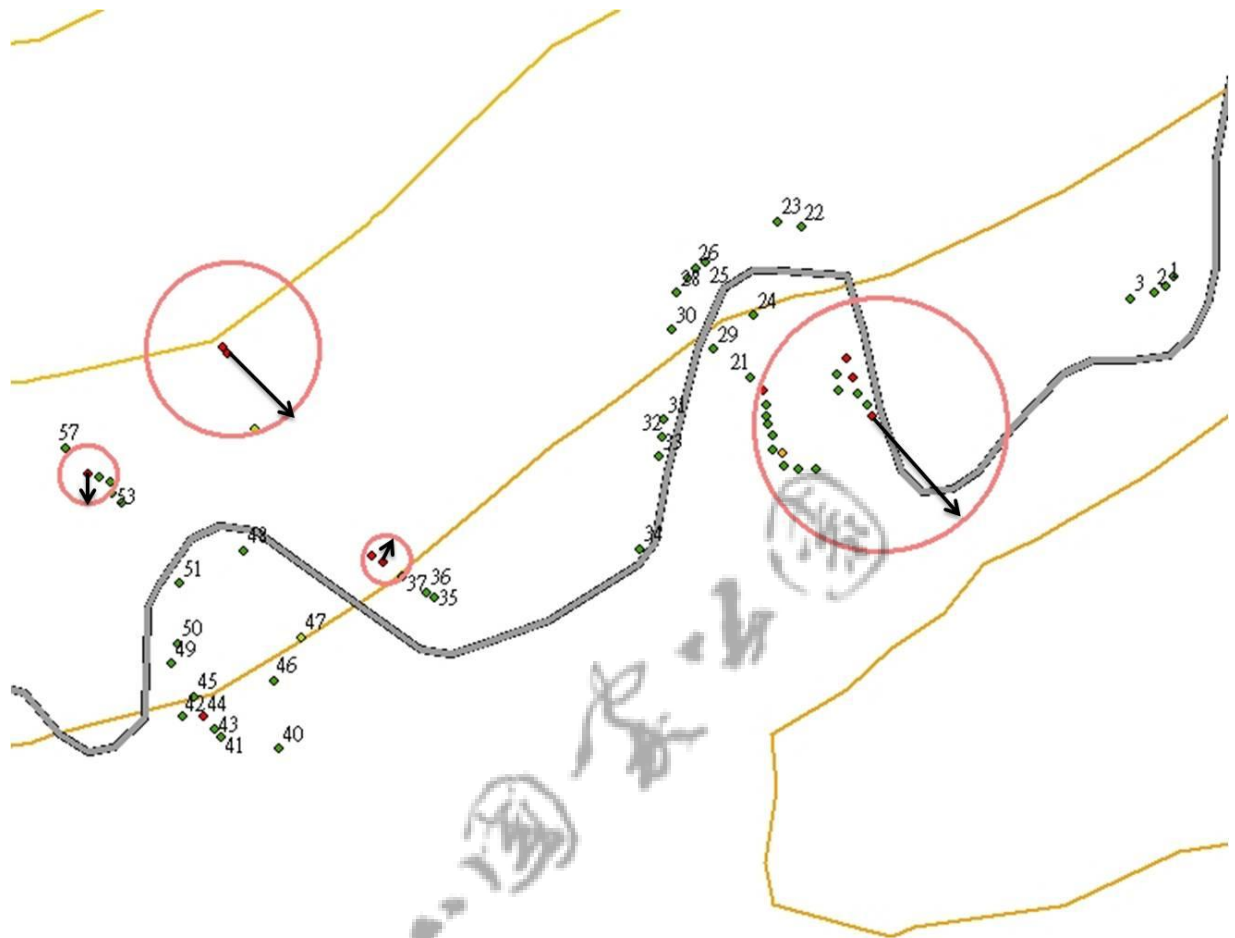


圖 3-44、發病擴散半徑示意圖。以 18 樣區為例，紅圈表示擴散範圍，黑箭頭為半徑。根據每週監測資料，尋找感染起始點與後期發生之罹病株，繪製擴散圖。若為多發生，則將半徑平均。
(資料來源：本研究調查結果)

第十一節 筆筒樹維管束觀察

為瞭解筆筒樹致死之原因，根據目前之觀察，設計下列實驗進行探討。首先，假設筆筒樹是因為病原侵染，導致莖部組織病變，致使水分輸送受阻，因而造成萎凋死亡，若人為阻斷水份輸送，是否會造成類似病徵；因此，選用適當大小之白鐵片，打入樹狀莖內，深入阻斷維管束，觀察後續反應。第一批實驗材料為筆筒樹幼苗，除了阻斷實驗外，亦進行溫度與水分之對照處理。首先，取六株幼苗進行三組處理，其中三株為對照組，每組幼苗之樹狀莖約有 20 至 30 公分高，直徑約 5 至 7 公分。取一 2 x 5 公分大小的白鐵片，嵌入幼苗生長點下約 3 公分處，深入約 2 公分。一組置於 32°C（模擬陽明山七月當月最高溫）生長箱，每天澆水約一百毫升；一組置於溫室，平常溫度約 26°C，每天澆水一百毫升；一組置於專門種植蕨類的溫室，早上、中午，及傍晚均會定時灑水。結果如圖 3-45，置於 32°C 生長箱的處理，實驗組與對照組同時在第三天開始出現萎凋，小羽葉乾硬萎縮，但顏色並未如典型病徵轉紅，仍維持綠色；至約第五天，葉片完全呈現乾硬萎縮，但顏色仍維持綠色。一周後，在溫室與蕨類溫室中的實驗組，僅在小羽片上有些許褐化，並無萎凋特徵，對照組則是完全無變化。之後，減少溫室處理組的澆灌水量，每兩天澆 50 毫升，又一周後仍無變化。由目前結果推測，筆筒樹於高溫環境下，可能對水分需求高，因此輸導阻斷之影響較大，而這次高溫的處理屬於長時性，未來重複實驗時，可模擬日夜溫度之變化，高溫處理改為每天數小時，再進行觀察。

在圖 3-46C 之紅色標示中，若鑽洞太深，髓部無法承受灌注器之壓力，色素直接衝破組織，從髓部噴出。從 B、D 與 E 圖可看出，灌入的色素液體可從莖段兩端流出，但方向似乎並非完全從灌注點正上方流出，從 B 與 E 圖看出，灌注點上方及其旁邊，均有色素液流出，可能是因為筆筒樹維管束結構非直立柱狀，而是網狀中柱。



圖 3-45、筆筒樹幼苗維管束阻斷實驗。A 圖，將鐵片大小長約五公分、寬兩公分嵌入筆筒樹幼苗之樹狀莖。B 圖，32℃處理，左邊為嵌鐵片的實驗組，右邊為對照組；C 圖，32℃處理三天後，實驗組與對照組均呈萎凋。D-F 圖，為常溫處理，置於溫室，D、筆筒樹幼苗處理前，E、植株為嵌鐵片實驗組處理，F、右邊植株為對照組；E、F 圖，為處理一周後，均無變化。G 為常溫定期澆水處理之幼苗處理前，H 為嵌鐵片實驗組，I 邊為對照組；H、I 圖，分別為一周後的實驗組與對照組，均無變化。

（資料來源：本研究拍攝結果）

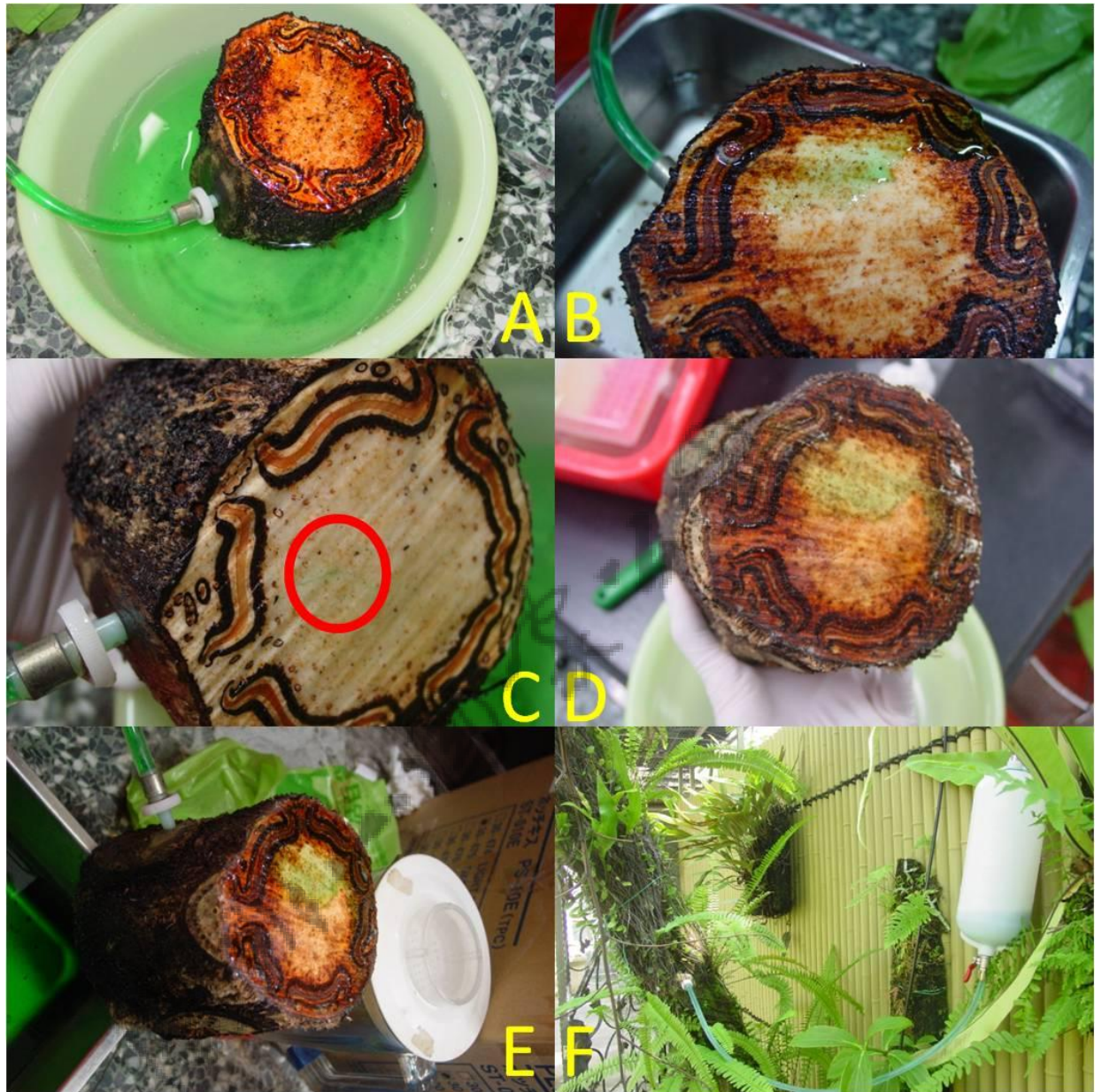


圖 3-46、筆筒樹維管束之灌注實驗。A 圖，灌注後，莖段上下均流出人工食用色素液的情形；B 圖，莖段上方色素液滲出之情形，C 圖，色素液體冲破組織之情形，D 圖，莖段下方色素液滲出之情形；E 圖，灌注位置若適當，約可在十分鐘內看到色素液流出至收集鐵盆內；F 圖為利用灌注器，灌注筆筒樹之情形。

（資料來源：本研究拍攝結果）

第十二節 藥劑防治之評估

壹、防治藥劑篩選

藥劑篩選試驗總共進行四次，第一次使用藥劑，包括亞賜圃、嘉賜黴素、鋅錳乃浦，與腐絕等藥劑（表 3-12）。各藥劑作用機制方面，亞賜圃抑制脂肪代謝合成，嘉賜黴素抑制蛋白質合成，鋅錳乃浦為多重作用機制，而腐絕為抑制細胞分裂。實驗結果顯示，腐絕及其有效成分（thiabendazole）最具有抑制效果，其中並加入 DMSO 進行抑菌測試，但未考慮到藥劑擴散的問題，無法證明 DMSO 之抑菌效果。第二次藥劑實驗將所有藥劑分開處理，確認抑菌現象皆由腐絕及其有效成分（thiabendazole）造成，而非 DMSO 引起（表 3-13）。第三次試驗藥劑，包括依普同、四氯異苯腈、撲滅寧，以及免賴德（表 3-14、圖 3-47）。作用機制分別為，依普同與撲滅寧是影響 MAPK 訊息傳導、四氯異苯腈是多重作用機制，而免賴得作用機制與腐絕相同。測試結果，依普同與撲滅寧無顯著抑制效果，四氯異苯腈於高濃度時有些許抑制效果，而免賴得具有抑制效果。待測菌株中，萬溪 w4i2，對照組生長狀況不如預期良好，須再測試。在第四次測試中則是增加待測菌株，測試藥劑僅有腐絕純品溶於 25% DMSO，抑制效果皆相當顯著，且受抑制之菌絲除生長不良外，菌落邊緣會有黃褐色色素產生（圖 3-47）。根據實驗室篩選藥劑的結果，選定使用藥劑為腐絕，純品名為 Thibendazole。

貳、防治成果

進一步進行防治試驗。施用藥劑結果如圖 3-48，五指山病株 wz1 施用藥劑後兩週，轉變為末期病徵，並於兩個月後完全死亡；wz2 與 wz3 施藥後兩個月，仍維持在初期病徵，病勢並未加劇；wx1 與 wx3 施藥兩週後，仍維持在初期病徵，但在兩個月後發展至末期病徵，但尚未完全死亡。wx2 施藥後兩週後，變成末期病徵，兩個月後已完全死亡。由目前結果看來，藥劑效果對於 wz2 與 wz3 良好，病程停止在初期病徵。對於 wx1、wx3 效果則

是延緩病勢發展。根據過去觀察結果，夏季病程從初期病徵到末期約一個月，藥劑之施用，使 wx1 及 wx3 病勢發展延緩，兩個月才進展至末期病徵。wz1 與 wx2 效果則不佳，施藥後兩週，病徵即從初期發展到末期病徵，推測原因可能是個體間藥效差異，或是病原菌間對防治藥劑之抗敏感性不同，或具有強致病性之病原菌存在。

參、成效評估

今年調查結果中，已判定為初期病徵之病株約有 66.2%，並病程已繼續發展至全株萎凋死亡，故病徵判斷的準確率約為六成六。上述施藥結果中，wx1 與 wx3 成功抑制病徵，成功率三成三，與誤判率三成四相近，防治之成功於否，無法排除誤判因素。此外，在 wx1 與 wx3 上觀察到延緩發病之情形，一般從初期到末期病徵需時約一個月；而在投藥後，此病程發展延長至兩個月。因此，此藥劑之施用可能可作為預防性防治藥劑；此外，其他有效藥劑之篩選或施用時機及方法之測試，仍有待進一步研究。

肆、防治策略

在防治策略上，依發病狀況可大致分為三種。一，該區域若含有大量筆筒樹族群且完全沒發病，可使用預防性施藥或是將該區域納入監測樣區，每週監測其發病狀況，並即時防治。例如監測樣區 2 及 5，2010 年調查中並無發病現象，但 2011 年調查中卻顯示其發病率分別約為二成與一成(圖 3-38)，應進行防治，防堵病害擴大。二，罹病率調查結果呈現低發病率之區域，可應用田間衛生或是病原隔絕法，將罹病株或是死亡植株殘體自該區完全移除，並進行後續監測，觀察罹病狀況及擴散情形。若族群罹病率仍持續增加，則考慮進行藥劑防治。三，該區域若病害大發生，則可針對健康植株進行預防性投藥；若遠離水源區可考慮大面積施用低毒性保護性藥劑，並持續監測該區健康族群之發病狀況。

表 3-16、第一次藥劑防治測試。

藥劑 \ 菌株	p1p	3i1	23b5	w4i2	l2b4	F	P
嘉賜黴素 (250X)	X	X	X	X	X	X	X
鋅錳乃浦 (500X)	X	X	X	X	X	X	X
亞賜圃 (500X)	X	X	X	X	X	X	X
腐絕 (1000X)	O	O	O	O	O	O	O
Thiabendazole 0.04%	O	O	O	O	O	O	O
DMSO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

【註：F、P 為子囊菌對照組。×：無抑制效果；○具有抑制效果；NA: Not available。】

（資料來源：本研究實驗結果）

表 3-17、第二次防治藥劑測試。

藥劑 \ 菌株	p1p	3i1	23b5	w4i2	i2b4	F	P
腐絕純品 (0.04%)	O	O	O	O	O	O	O
腐絕純品 (0.08%)	O	O	O	O	O	O	O
腐絕 (1000X)	O	O	O	O	O	O	O
腐絕 (500X)	O	O	O	O	O	O	O
嘉賜黴素 (250X)	X	X	X	X	X	X	X
DMSO	X	X	X	X	X	X	X

【註：F、P 為子囊菌對照組。×:無抑制效果；○具有抑制效果。】

(資料來源：本研究實驗結果)

表 3-18、第三次防治藥劑測試。

菌株 藥劑	P1p	3i1	5i1	23b5	L3m2	32m1	w4i2	F	P
依普同 (800X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
依普同 (1500X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
四氯異苯腈 (400X)	D	X	X	D	X	X	D	X	D
四氯異苯腈 (700X)	X	X	X	X	X	X	D	X	D
撲滅寧 (1500X)	X	X	X	X	X	X	D	X	X
撲滅寧 (2000X)	X	X	X	X	X	X	D	X	X
免賴得 (1000X)	O	O	O	O	O	O	O	O	O
免賴得 (3000X)	O	O	O	O	O	O	O	D	O

【註：F、P 為子囊菌對照組。×:無抑制效果；○具有抑制效果；D: 稍具抑制效果。】

(資料來源：本研究實驗結果)

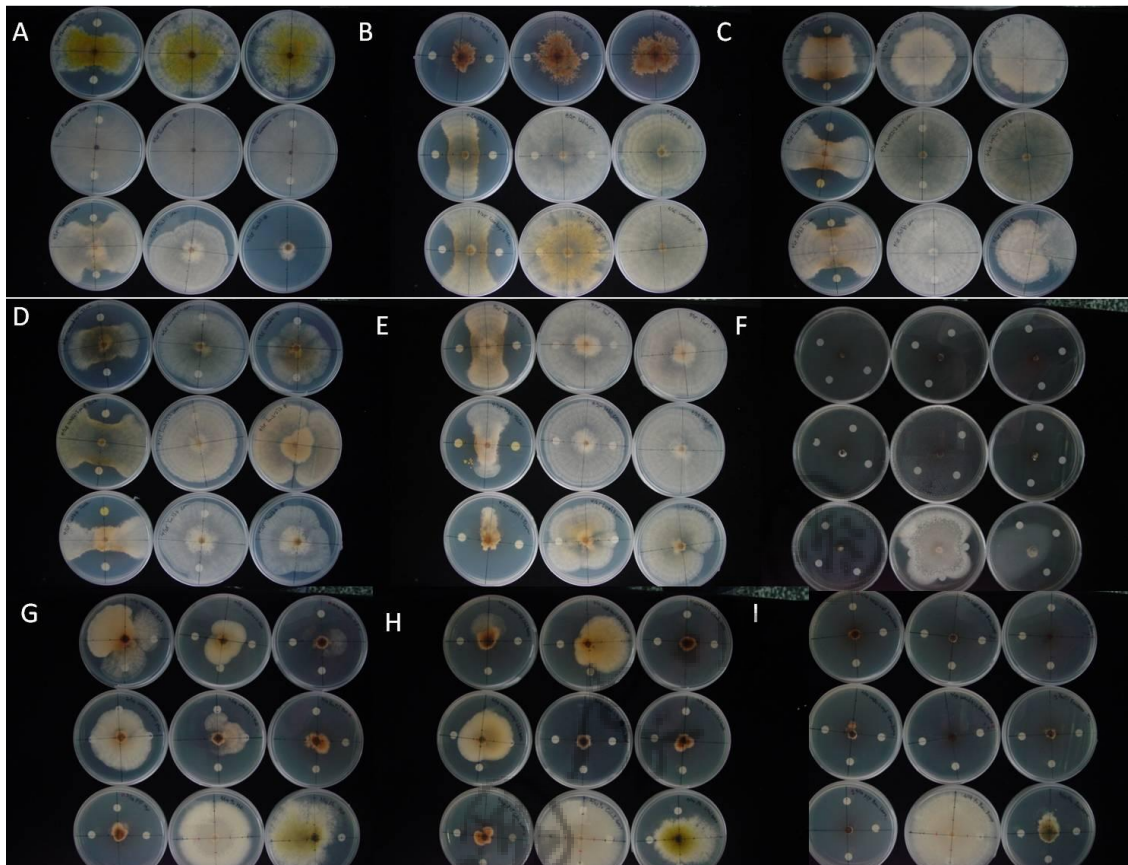


圖 3-47、防治藥劑之測試結果。A-E 圖為第四次藥劑測試，藥劑皆為腐絕(500X)溶於 25% DMSO，第一欄為含藥劑濾紙片的實驗組，第二欄為含 25% DMSO 濾紙片的對照組，第三欄為不做處理的對照組，其中 A 圖第一列與第二列為對照的子囊菌，其餘為自萬溪或是陽金公路分離的菌株。F-I 是第三次藥劑測試，F 為免賴得(1000X)，G 為對照組，H 為四氯異苯腈(400X)，I 為免賴得(3000X)。(資料來源：本研究實驗結果)

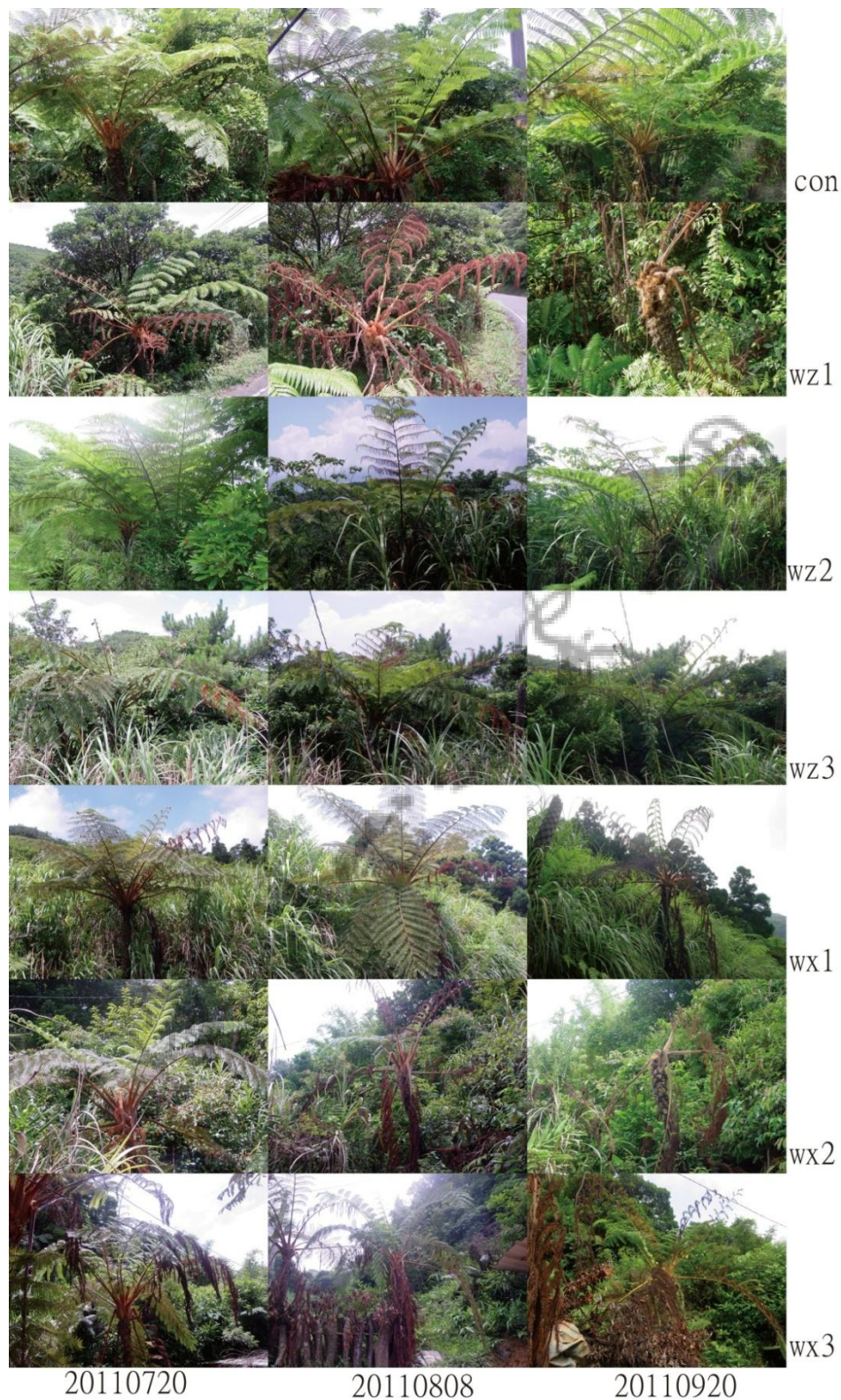


圖 3-48、防治藥劑以擴散法施用於罹病初期筆筒樹之成果。下方為觀察日期，依序為，對照組與投藥病株。wx 為於萬溪，wz 為於五指山產業道路。

(資料來源：本研究實驗結果)

第四章 建議

因筆筒樹萎凋病為一新興病害，研究之初相關文獻相當有限，因此隨著本研究計畫執行及研究成果，許多新的研究想法或假說，也接著產生。但受限於研究期程與經費，許多研究成果仍未臻完全瞭解本病害之起源及發病生態，仍有待努力謹建議以下幾點做為未來研究之方向。

建議一

建議主題：防治實施與評估（長期規劃建議）

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：

針對筆筒樹萎凋病之防治，未來可挑選本研究 2011 年設置之監測樣區，依不同的發病率，嘗試執行不同的防治策略，並觀察實施防治前後，各樣區罹病率的增減，病害擴散的情形，以便評估防治之成效。在無發病之樣區（8、20 樣區），防治策略除持續監測外，亦可進行預防性施藥。在低發病樣區（3、5、12 樣區）中，防治策略可採用田間衛生與病原隔絕法，徹底移除罹病及死亡株。在高發病的樣區（10、11、14、17、18 樣區），可針對樣區內健康筆筒樹進行預防性施藥。以上試驗皆必須保留其中樣區，以做為防治處理之對照組，以便於施行防治後，調查罹病率進行統計分析時，檢測防治成效之比較依據。

建議二

建議主題：空照圖之監測系統建立（長期規劃建議）

主辦機關：陽明山國家公園管理處

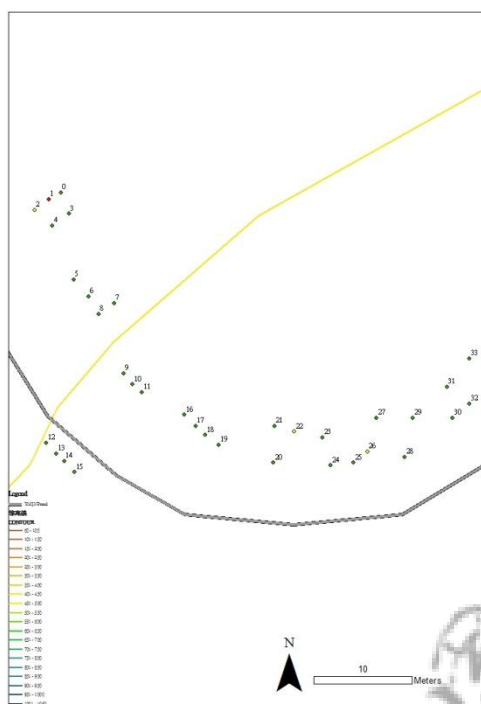
協辦機關：

目前已完成陽明山全區陽明山國家公園數化筆筒樹立木圖層，以此資料為基礎，進一步購置多年度空照影像進行比對，並搭配實地調繪，調查陽明國家公園

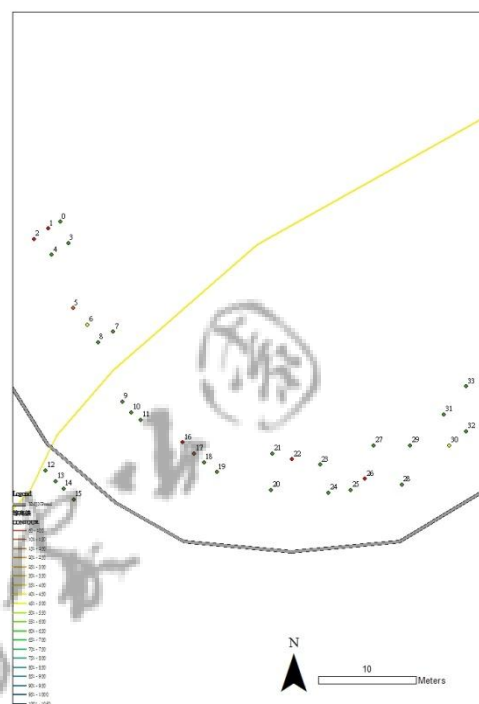
區內的筆筒樹死亡數量與幼苗新生數量。除了觀察筆筒樹萎凋病之流行病學進展，亦可調查筆筒樹族群之消長。

陽明山國家公園

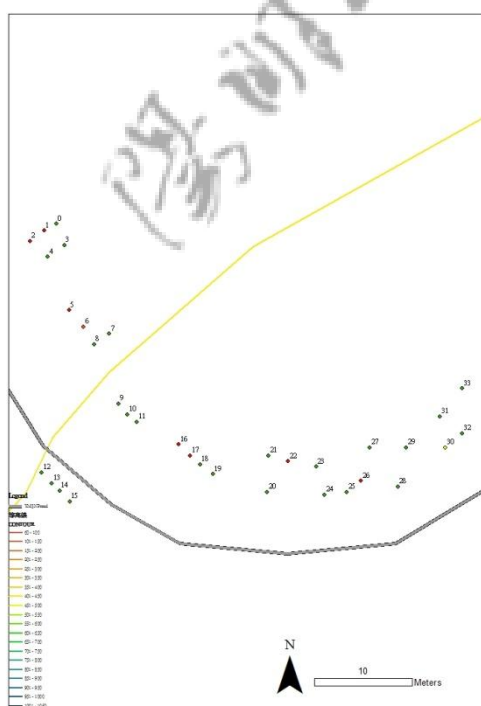
附錄一、監測樣區 02 之發病記錄



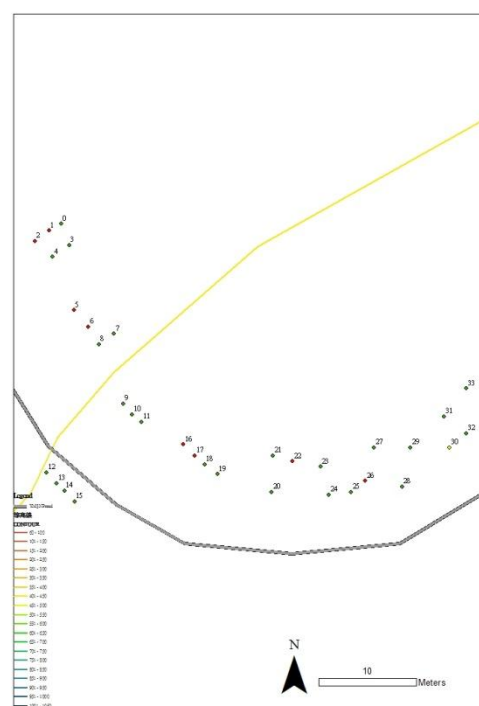
2011/05/30



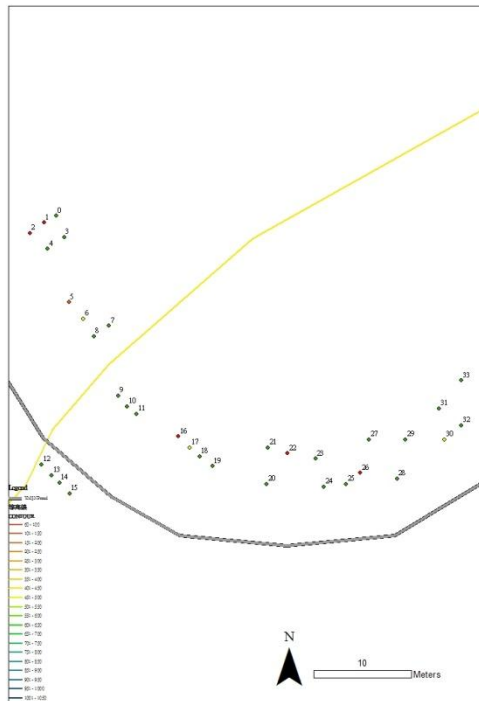
2011/07/20



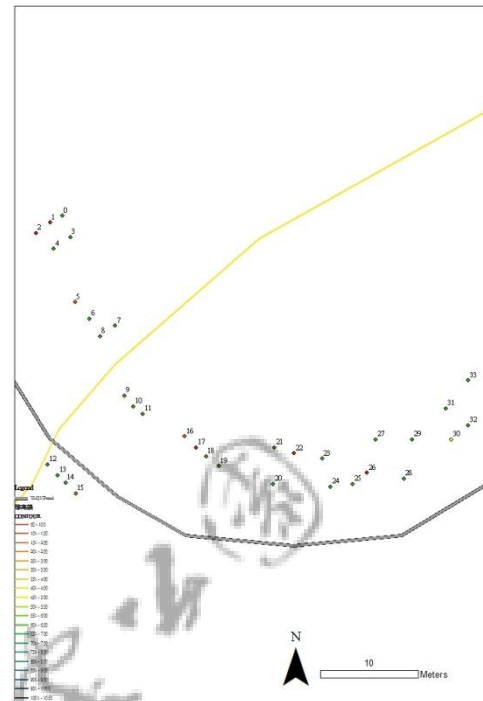
2011/08/02



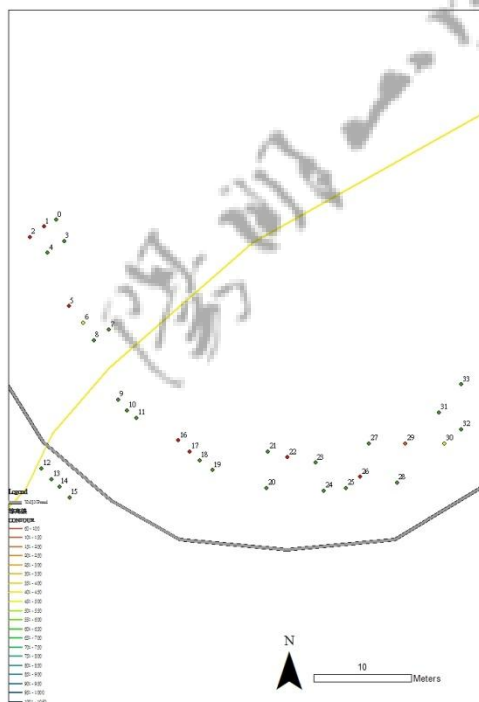
2011/08/16



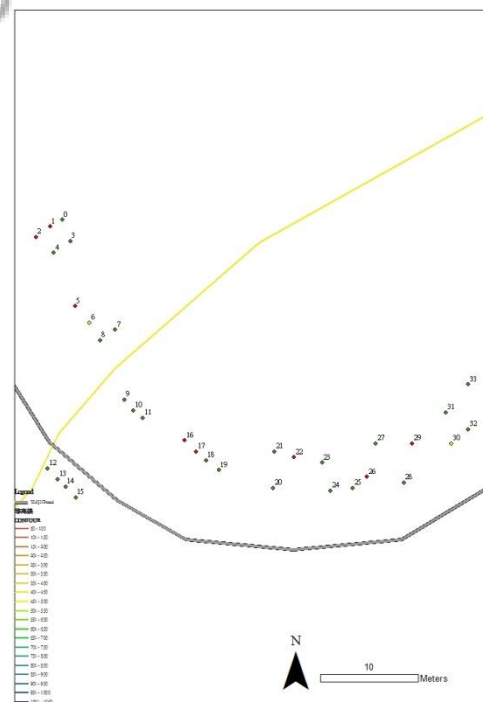
2011/08/31



2011/09/14

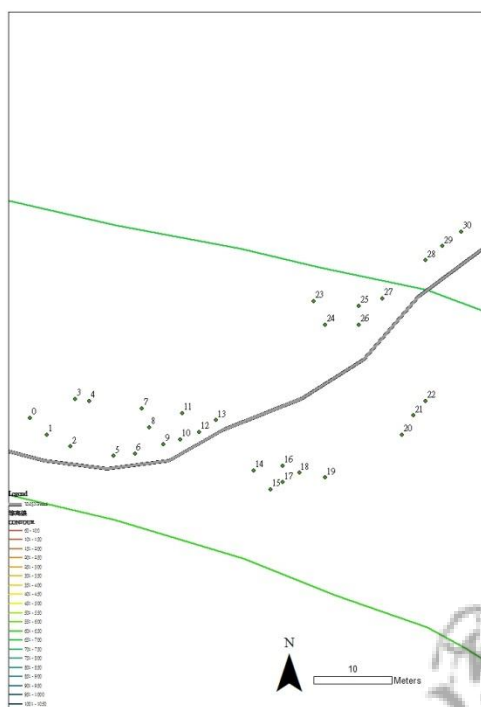


2011/10/08

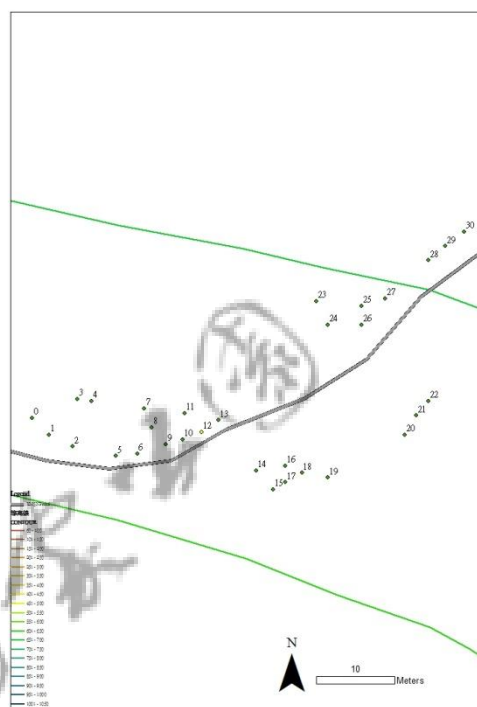


2011/10/12

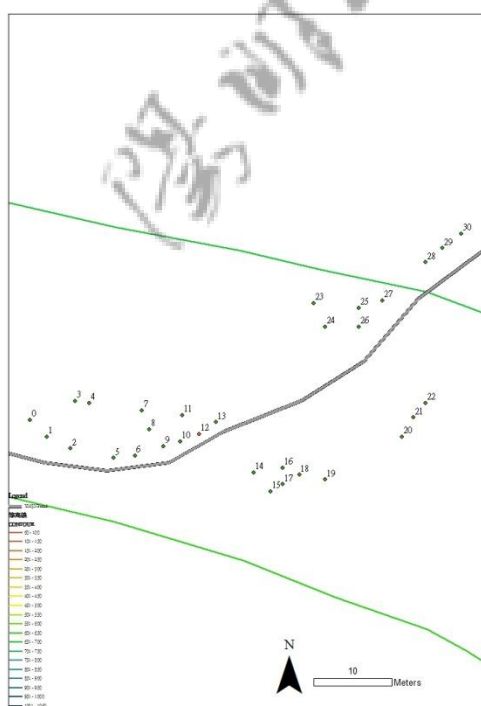
附錄二、監測樣區 05 之發病記錄



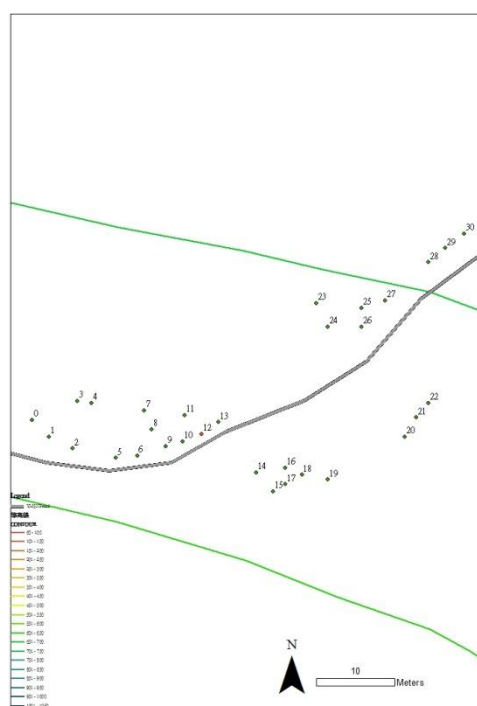
2011/05/30



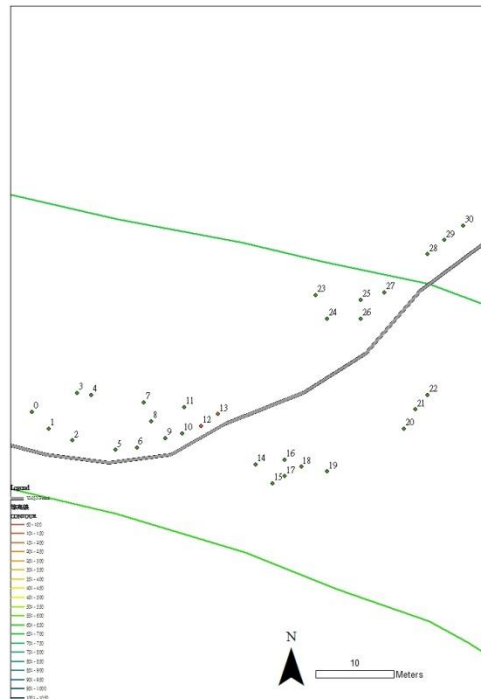
2011/07/20



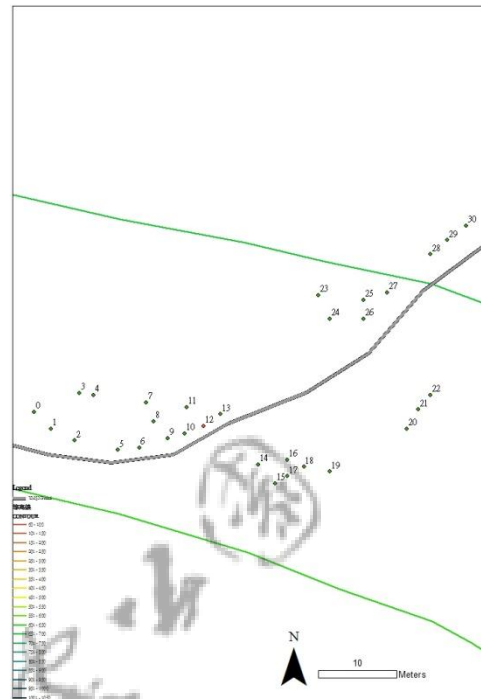
2011/08/02



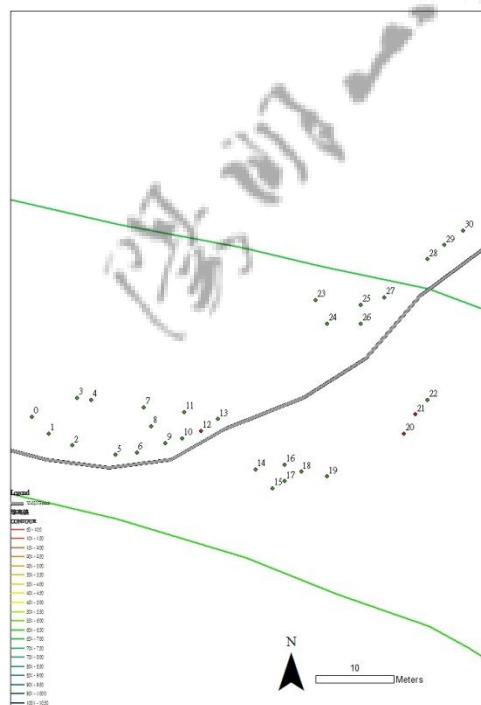
2011/08/16



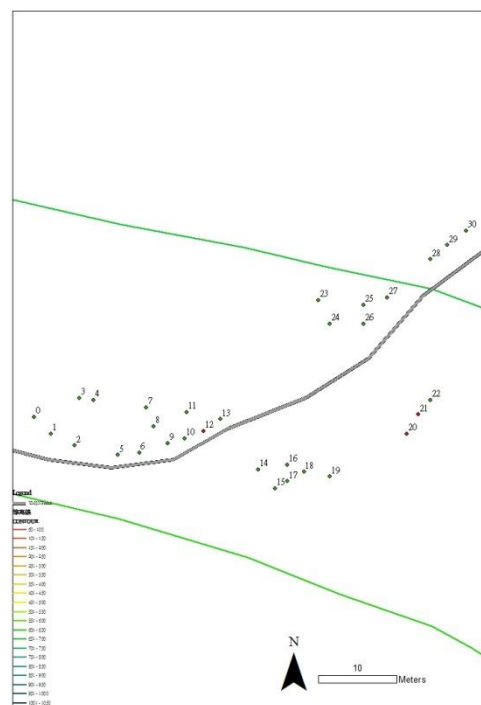
2011/08/31



2011/09/14

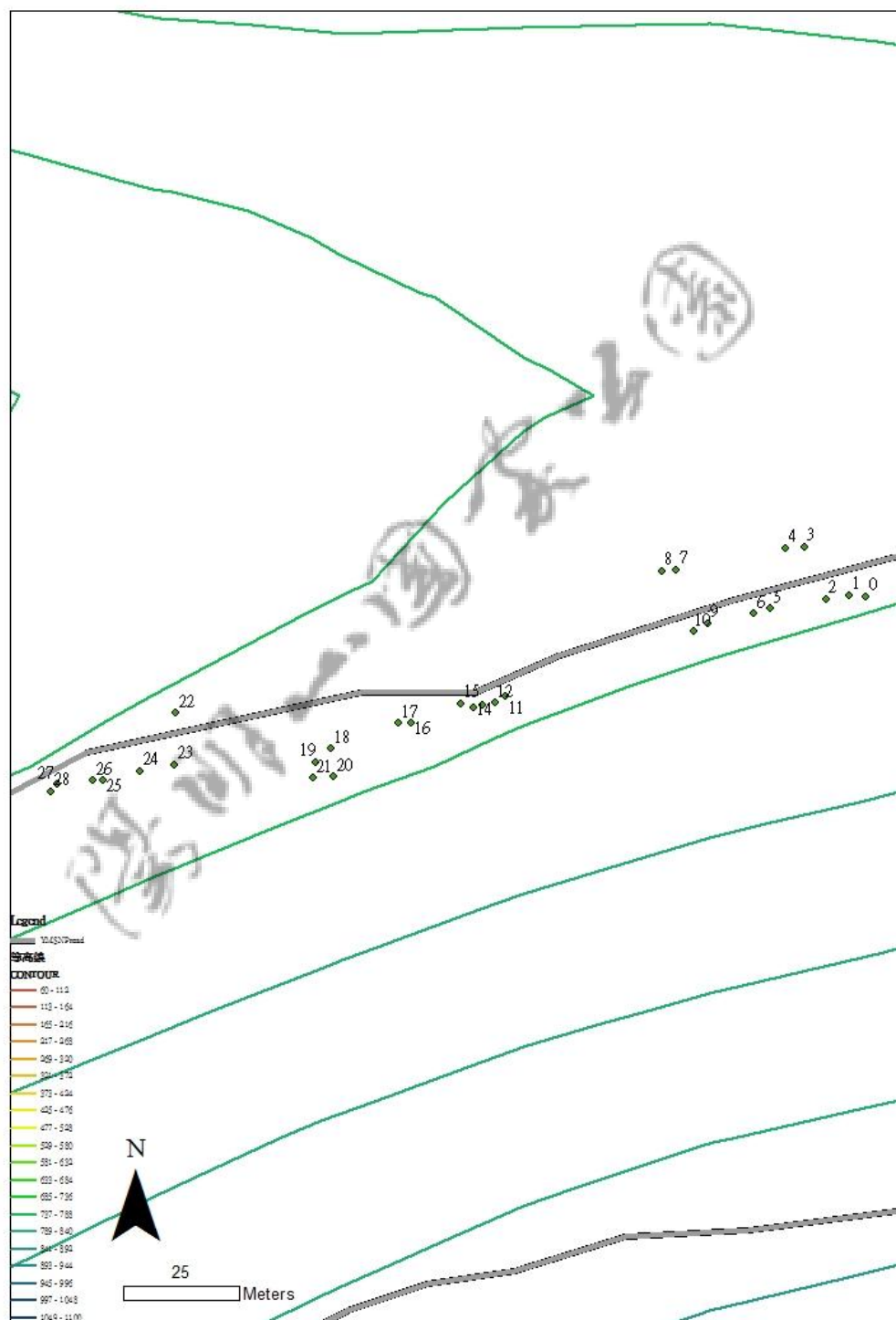


2011/10/08



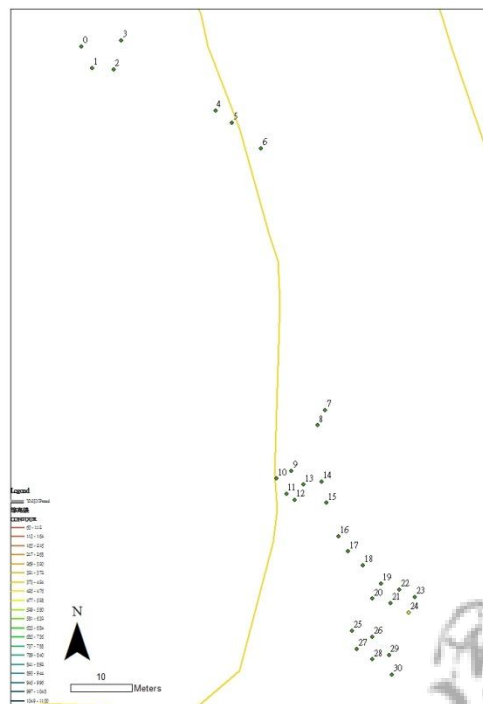
2011/10/12

附錄三、監測樣區 08 之發病記錄

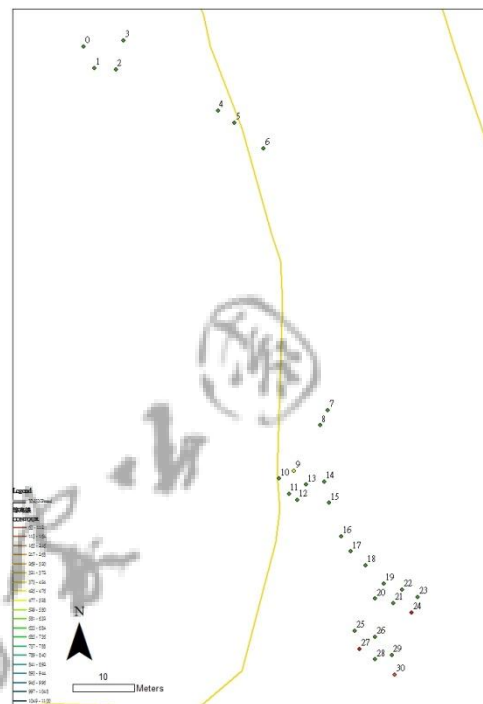


2011/05/30-2011/10/12

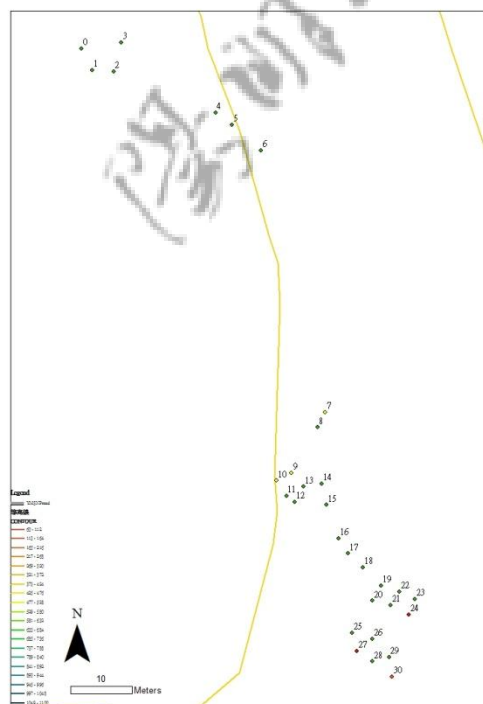
附錄四、監測樣區 10 之發病記錄



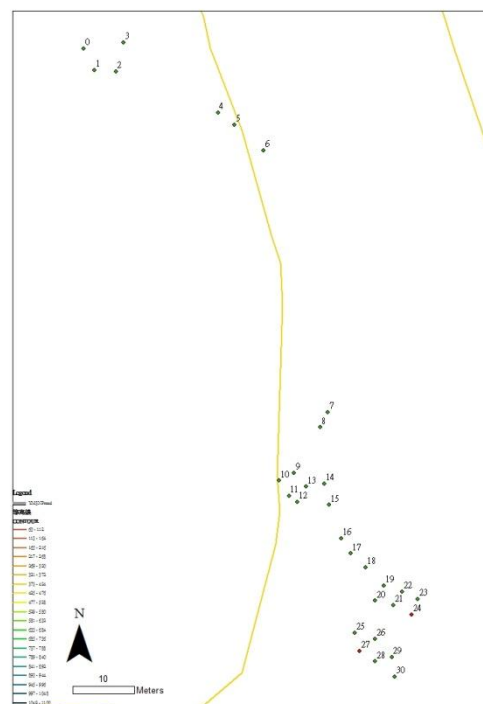
2011/06/07



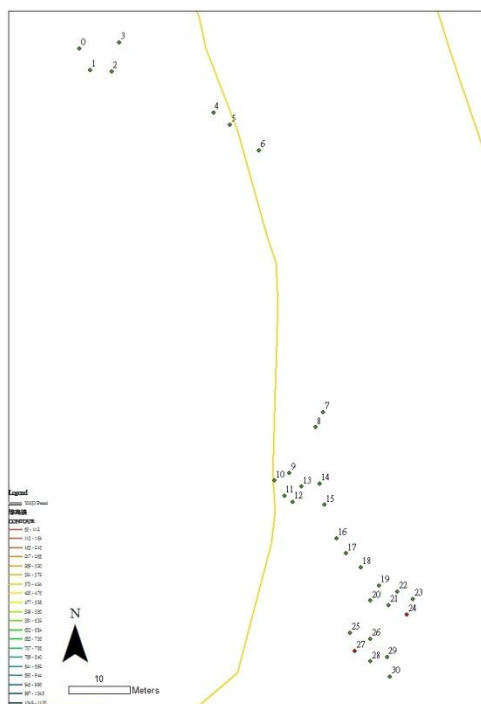
2011/07/20



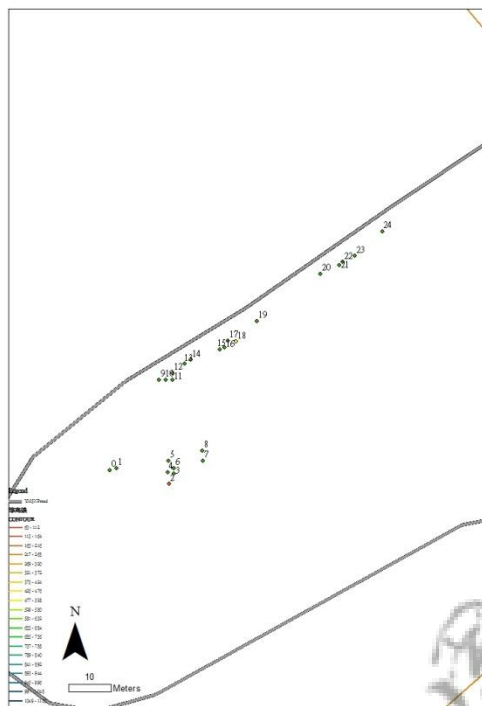
2011/08/01



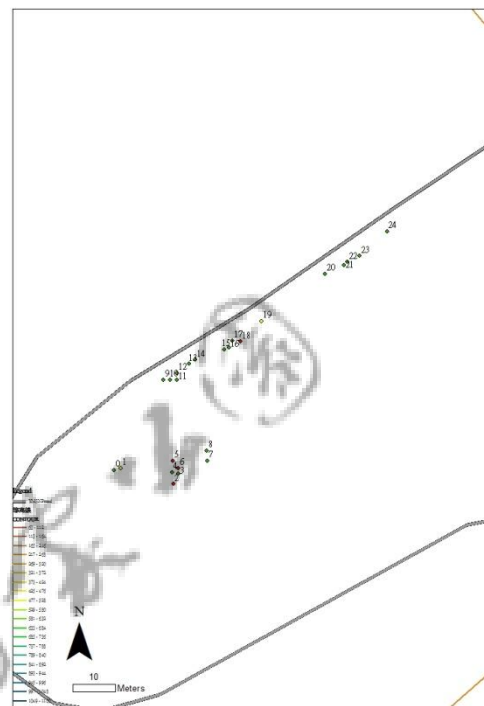
2011/08/22



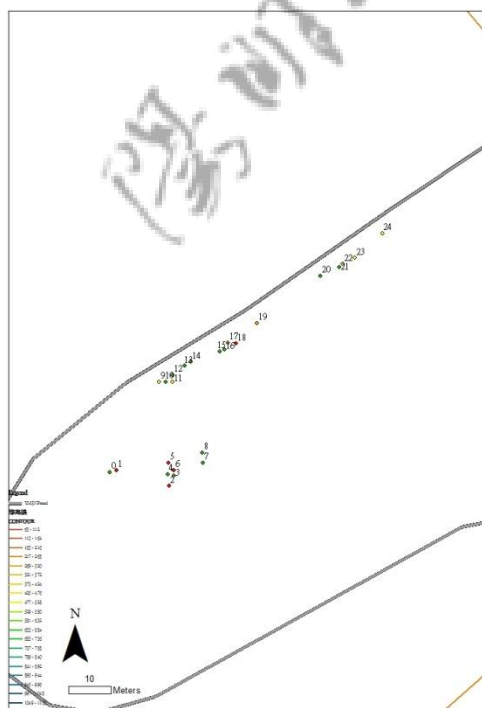
附錄五、監測樣區 11 之發病記錄



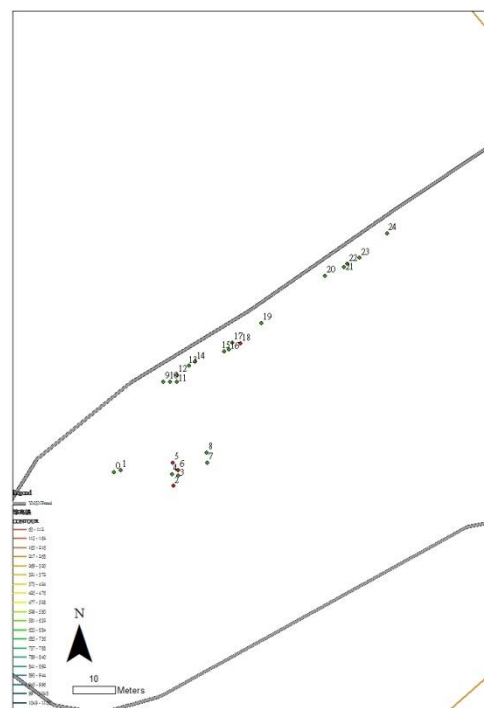
2011/06/07



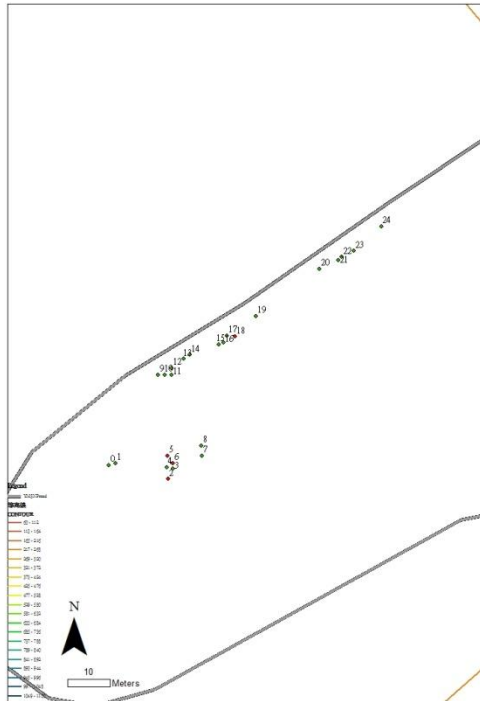
2011/07/20



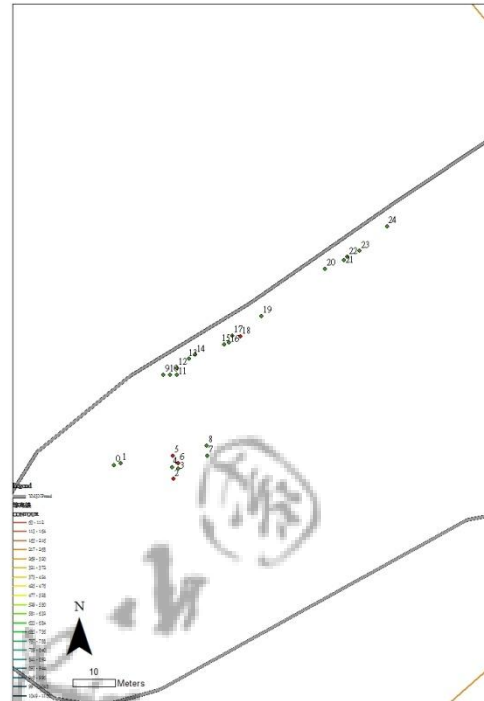
2011/08/01



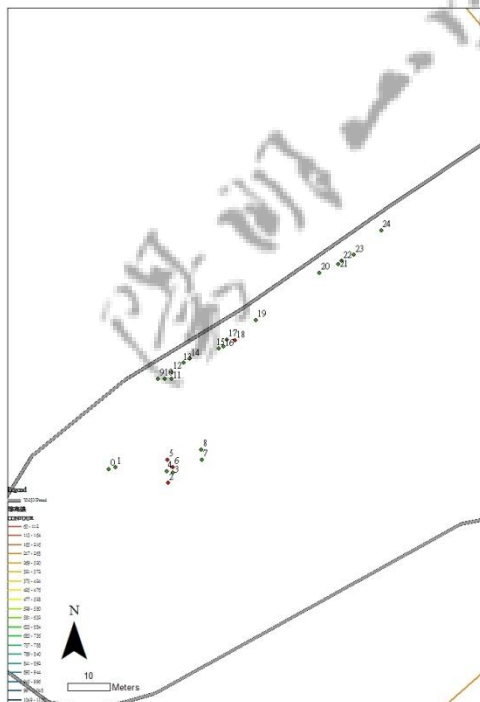
2011/08/08



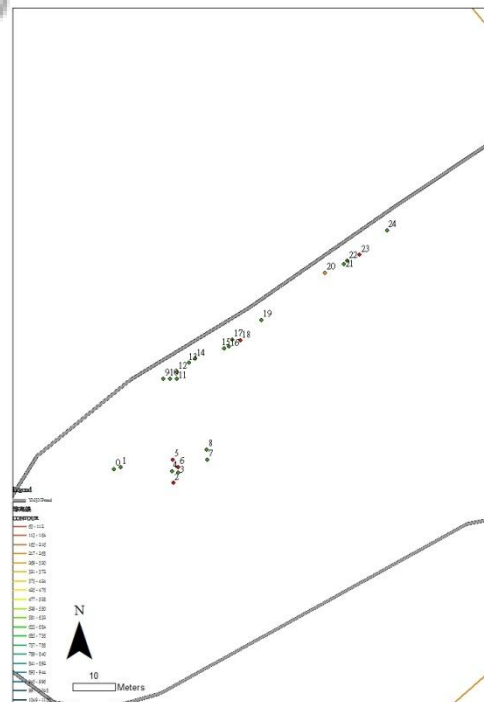
2011/08/22



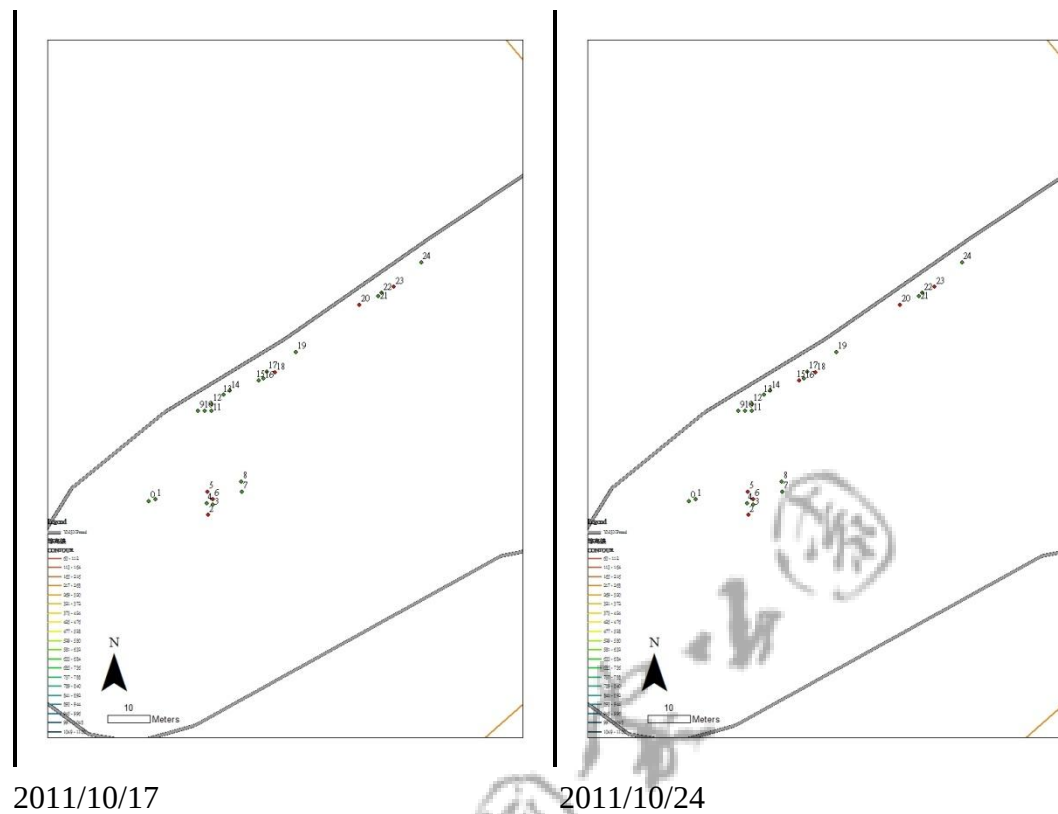
2011/09/05



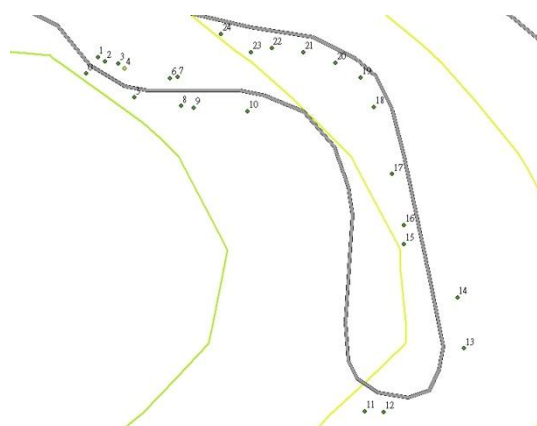
2011/09/21



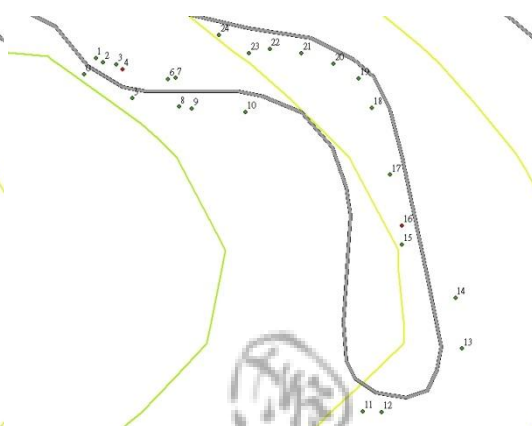
2011/10/08



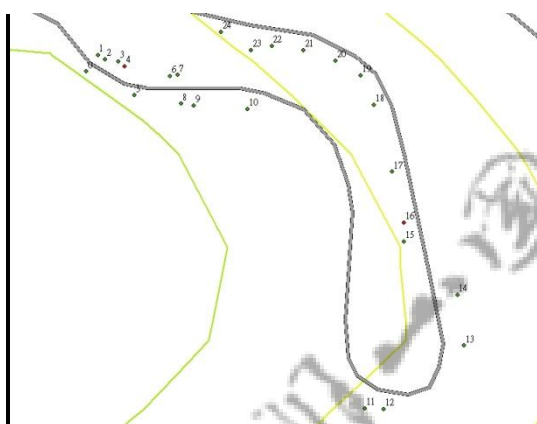
附錄六、監測樣區 12 之發病記錄



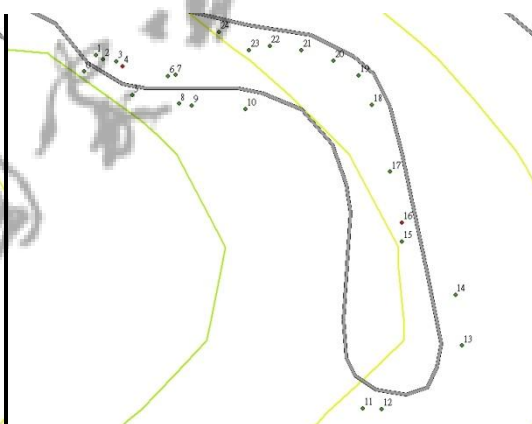
2011/06/07



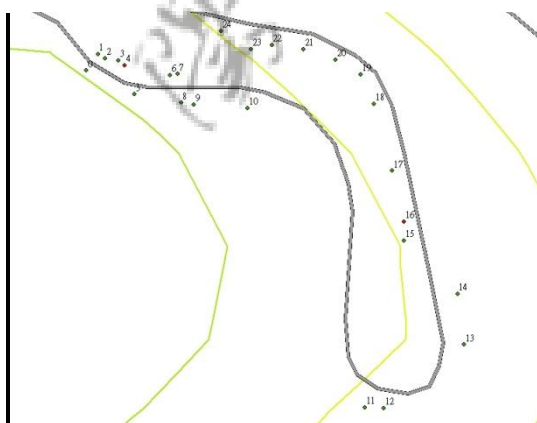
2011/07/20



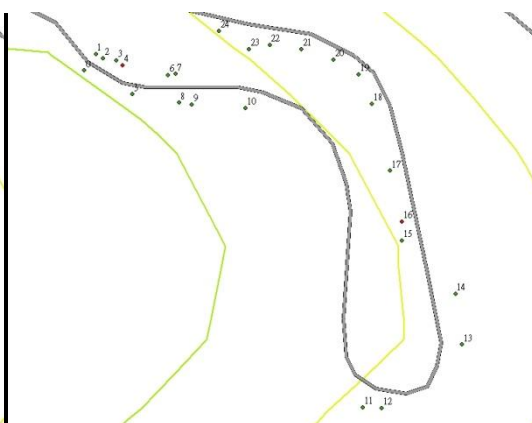
2011/08/01



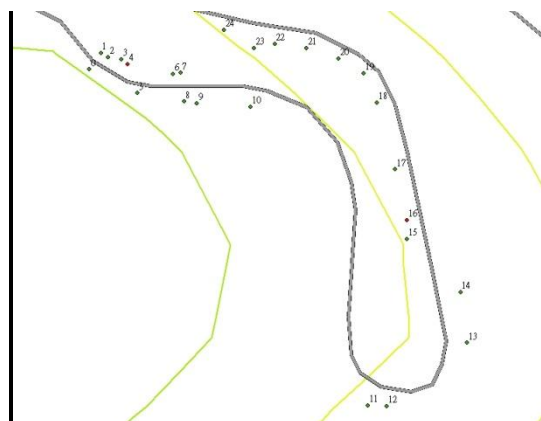
2011/08/08



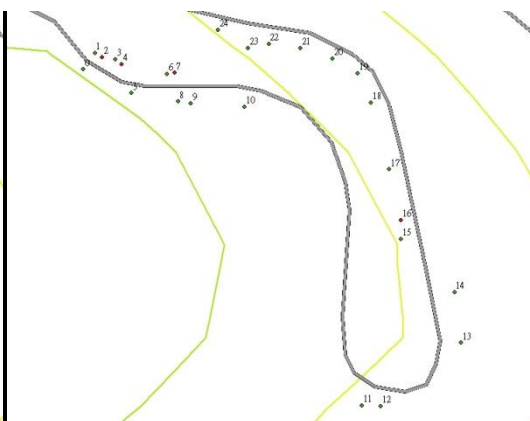
2011/08/22



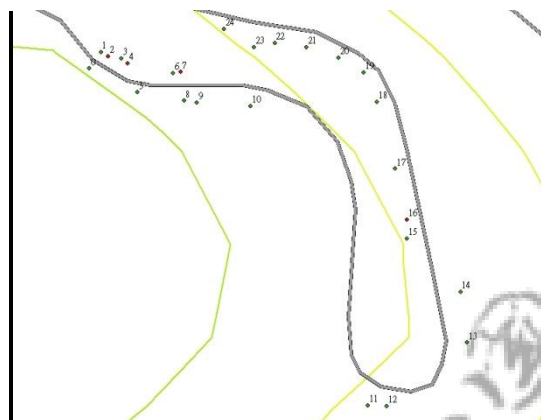
2011/09/05



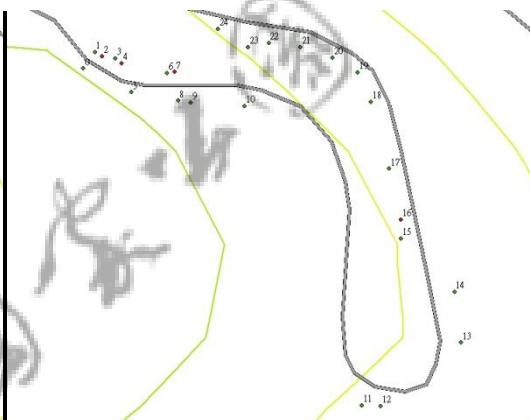
2011/09/21



2011/10/08

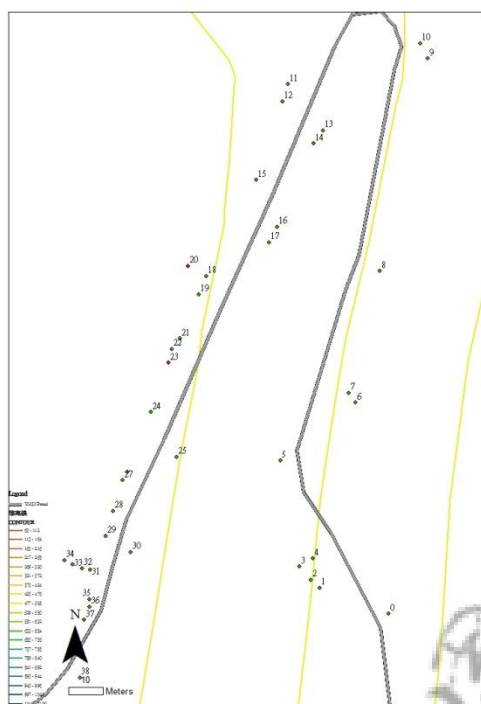


2011/10/17

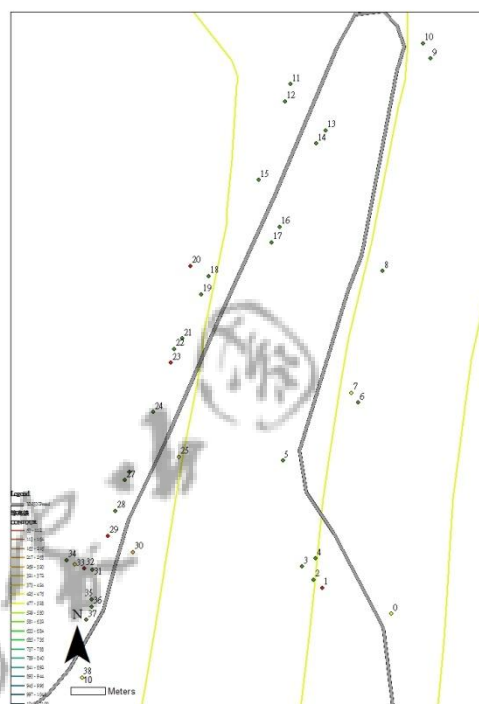


2011/10/24

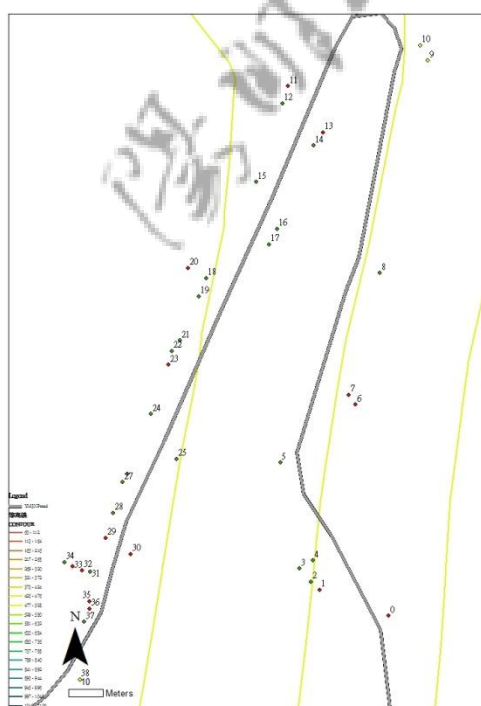
附錄七、監測樣區 14 之發病記錄



2011/06/07

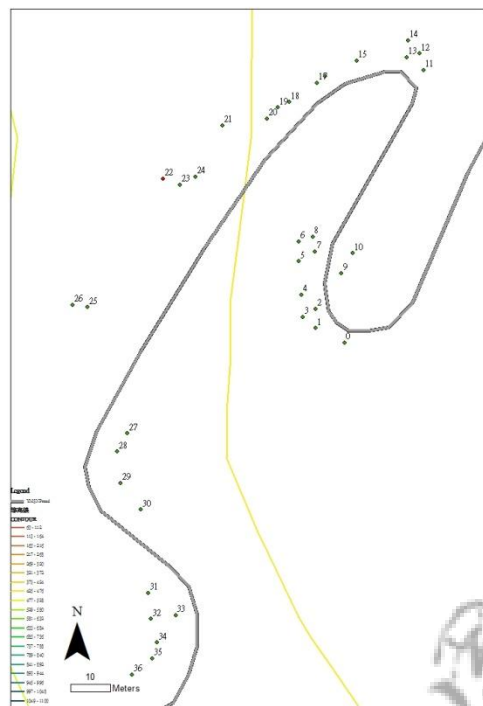


2011/07/20

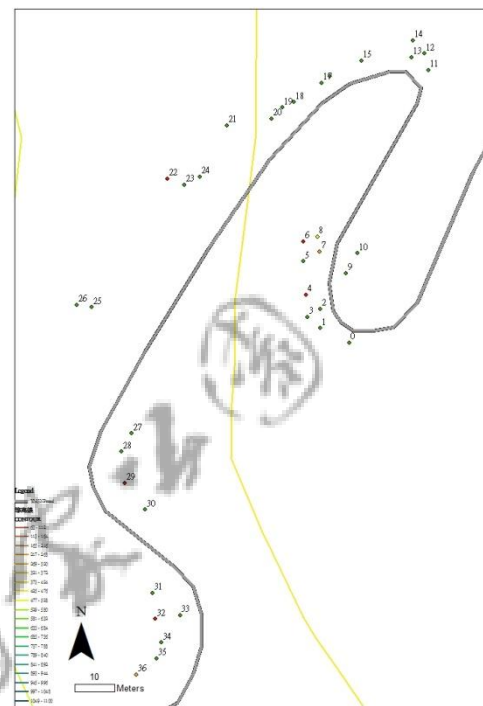


2011/10/08

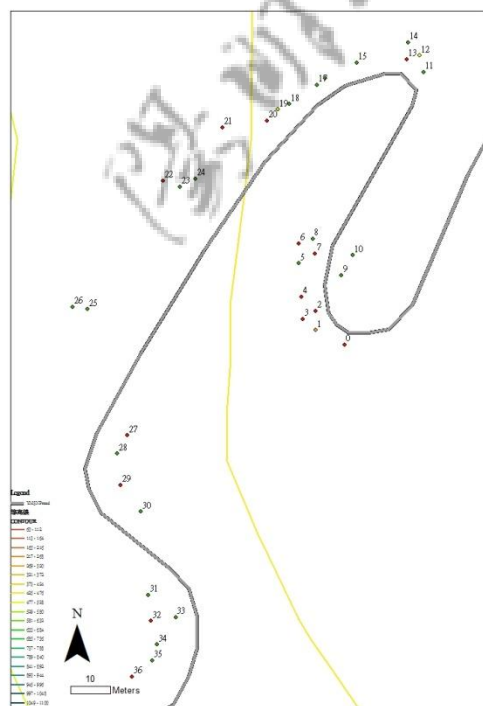
附錄八、監測樣區 17 之發病記錄



2011/06/07

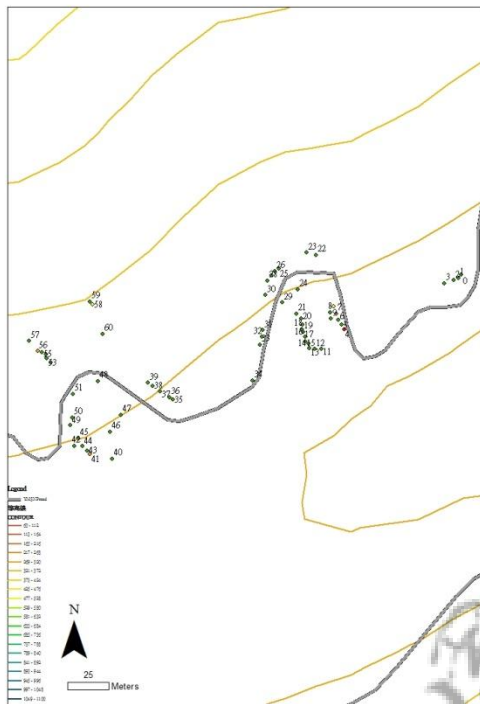


2011/07/20

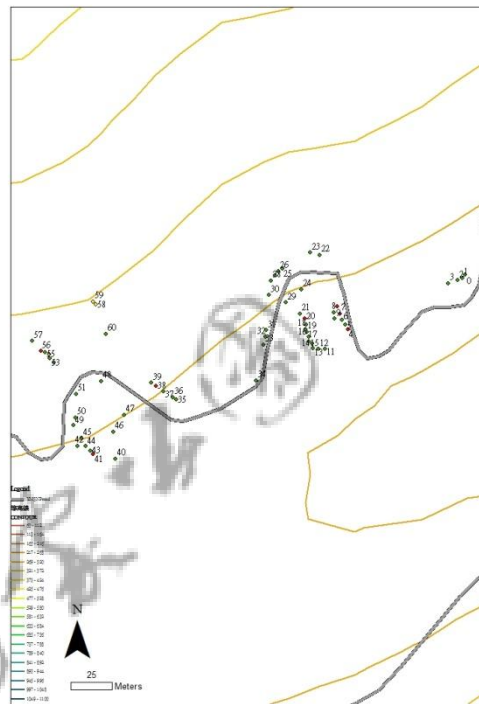


2011/10/08

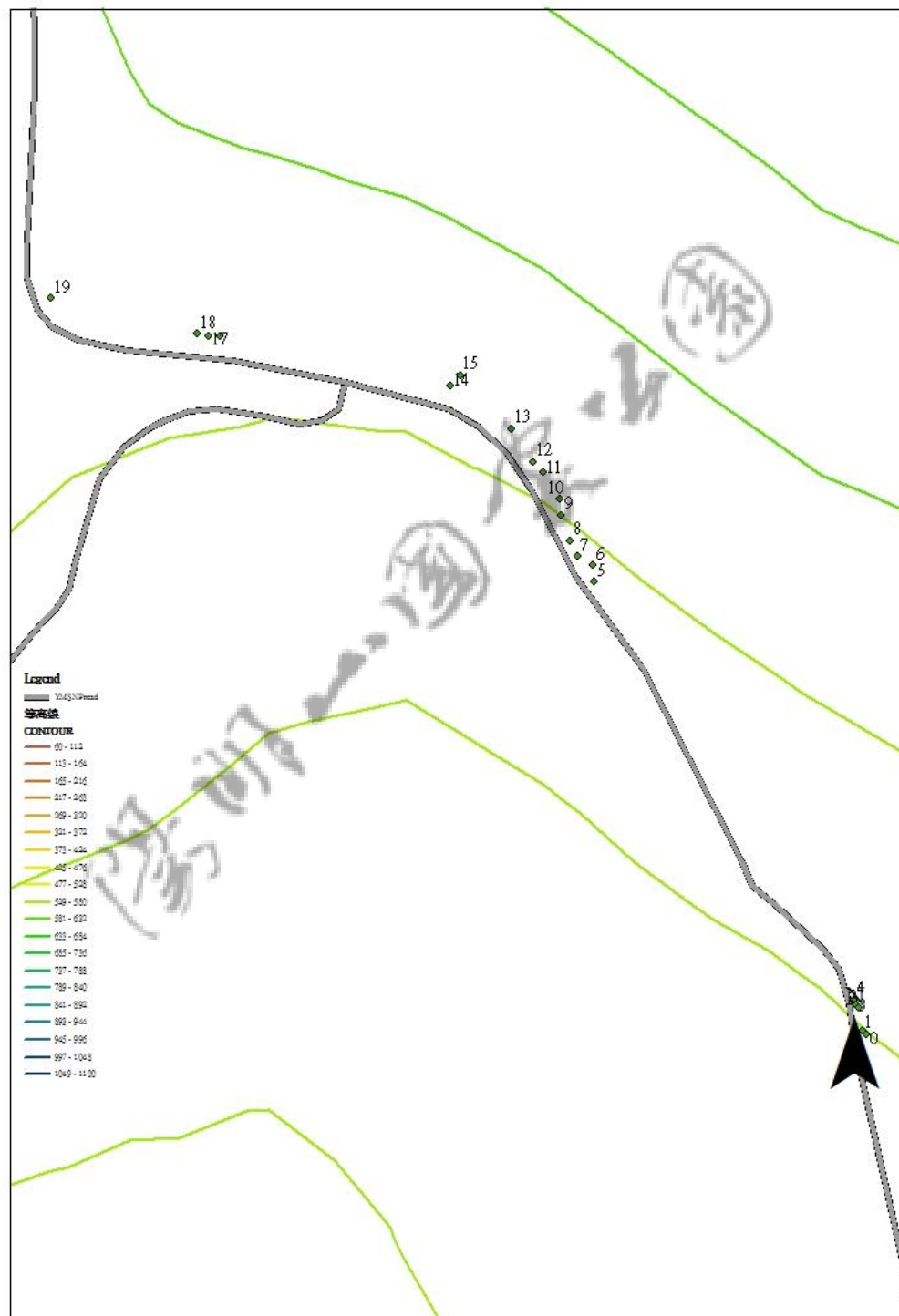
附錄九、監測樣區 18 之發病記錄



2011/07/04



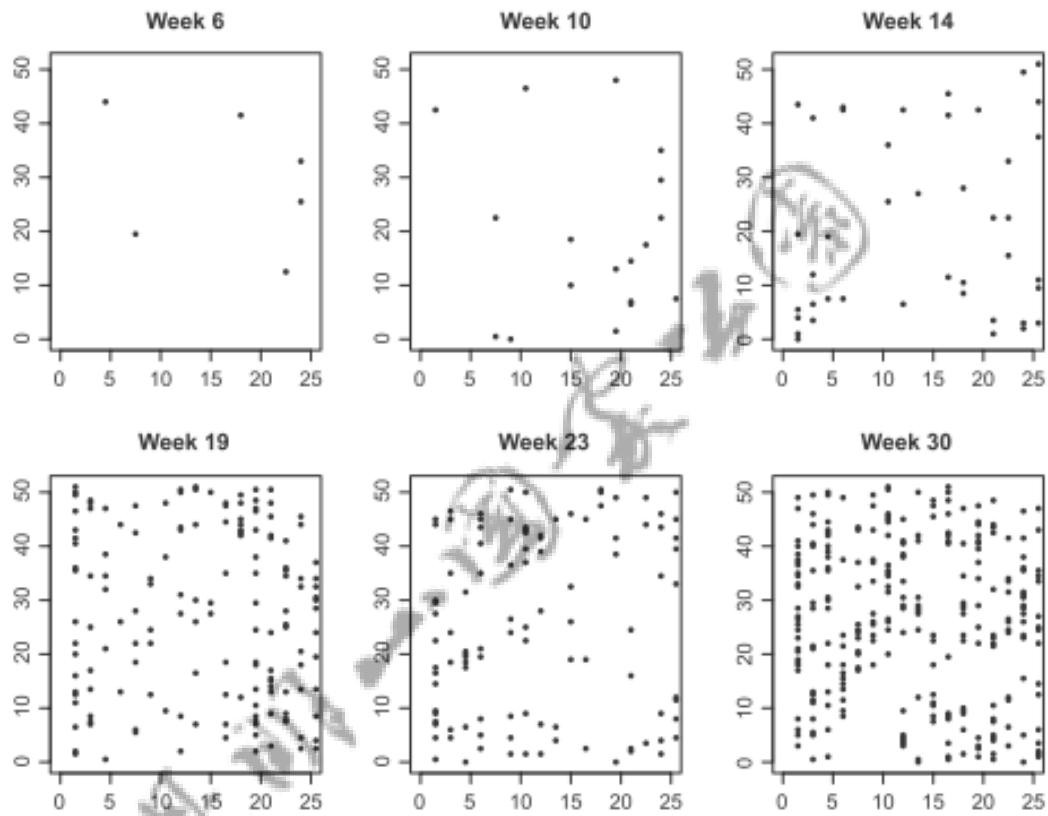
附錄十、監測樣區 20 之發病記錄



2011/06/07-2011/10/12

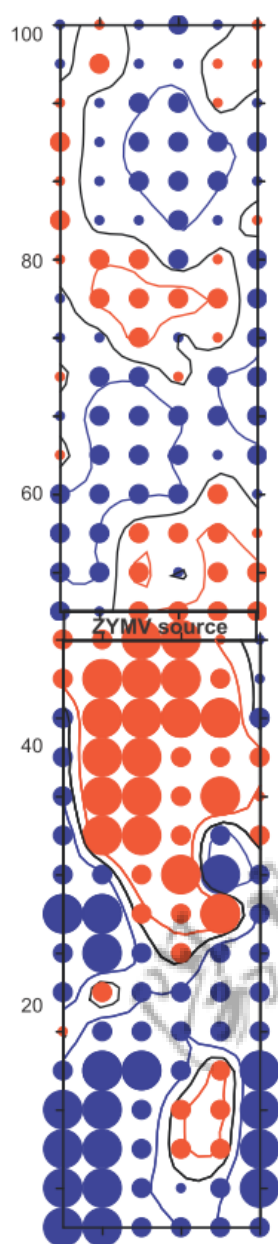
附錄十一、蚜蟲 *Melanaphis sacchari* 傳播 *Sugarcane yellow*

leaf virus 之發病模式示意圖。



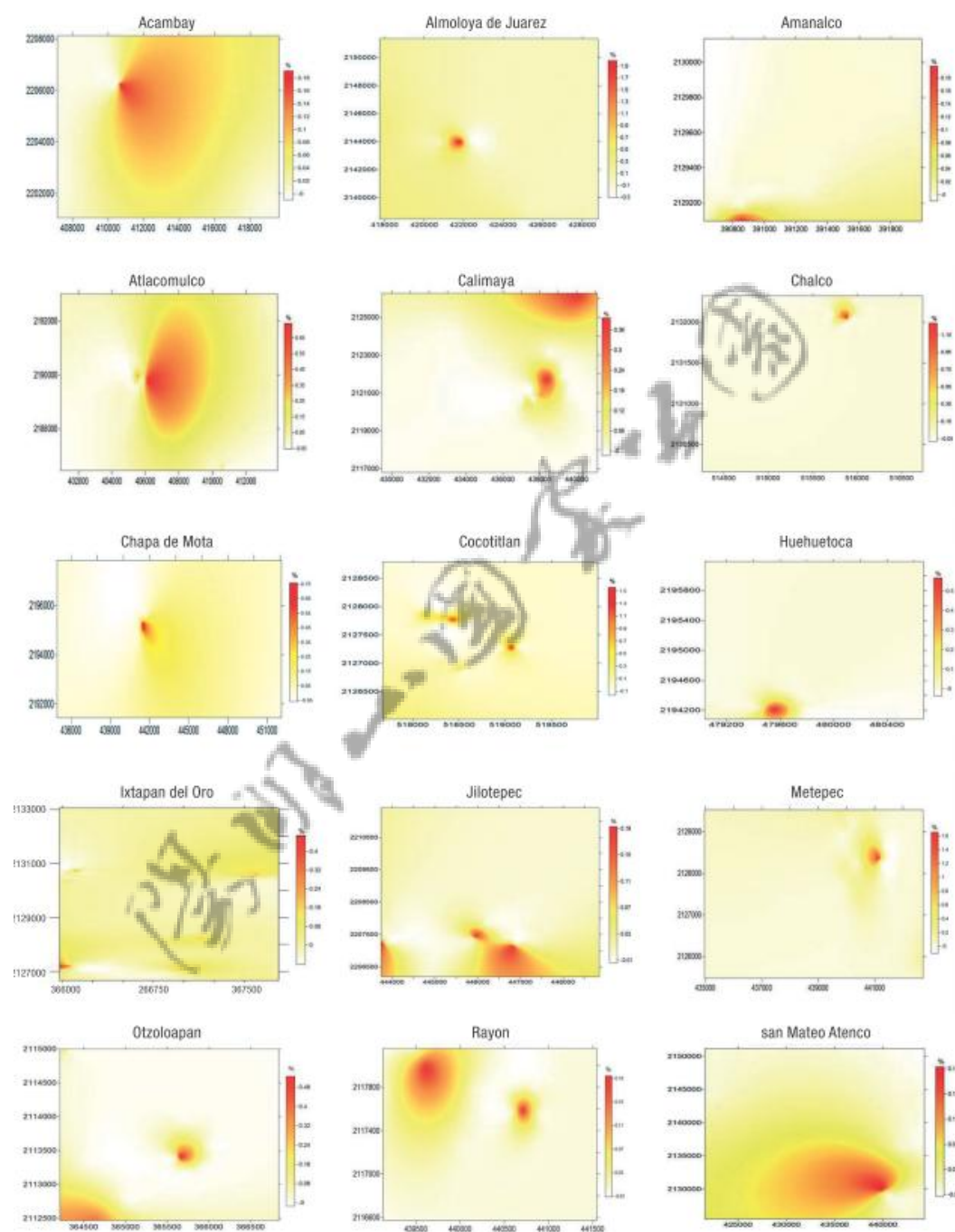
(Coutts et al., 2011)

附錄十二、瓜蚜傳播 *Zucchini yellow mosaic virus* 之示意圖。



(Vaillant, 2011)

附錄十三、玉米絲黑穗病於田間發生之情形。



(Sanchez-Pale, 2011)

附錄十四、樣區植物名錄

卷柏科 **Selaginellaceae**

生根卷柏 *Selaginella doederleinii* Hieron.

觀音座蓮科 **Marattiaceae**

觀音座蓮 *Angiopteris lygodiifolia* Rosenst.

裏白科 **Gleicheniaceae**

芒萁 *Dicranopteris linearis* (Burm. f.) Underw.

裏白 *Diplopterygium glaucum* (Houtt.) Nakai

蚌殼蕨科 **Dicksoniaceae**

台灣金狗毛蕨 *Cibotium taiwanense* Kuo

杪櫨科 **Cyatheaceae**

筆筒樹 *Cyathea lepifera* (J. Sm. ex Hook.) Copel.

台灣樹蕨 *Cyathea metteniana* (Hance) C. Chr. & Tard.-Blot

鬼杪櫨 *Cyathea podophylla* (Hook.) Copel.

台灣杪櫨 *Cyathea spinulosa* Wall. ex Hook.

碗蕨科 **Dennstaedtiaceae**

栗蕨 *Histiopteris incisa* (Thunb.) J. Sm.

克氏鱗蓋蕨 *Microlepia krameri* C. M. Kuo

台北鱗蓋蕨 *Microlepia marginata* (Panzer) C. Chr. var. *bipinnata* Makino

陵齒蕨科 **Lindsaeaceae**

海島陵齒蕨 *Lindsaea orbiculata* (Lam.) Mett. ex Kuhn var. *commixta* (Tagawa) Shieh

鳳尾蕨科 **Pteridaceae**

傅氏鳳尾蕨 *Pteris fauriei* Hieron.

半邊羽裂鳳尾蕨 *Pteris semipinnata* L.

書帶蕨科 **Vittariaceae**

姬書帶蕨 *Vittaria angustelongata* Hayata

烏毛蕨科 Blechnaceae

烏毛蕨 *Blechnum orientale* L.

三叉蕨科 Aspidiaceae

三叉蕨 *Tectaria subtriphylla* (Hook. & Arn.) Copel.

鱗毛蕨科 Dryopteridaceae

斜方複葉耳蕨 *Arachniodes rhomboides* (Wall.) Ching

台東鱗毛蕨 *Dryopteris polita* Rosenst.

金星蕨科 Thelypteridaceae

密毛毛蕨 *Cyclosorus parasiticus* (L.) Farw.

蹄蓋蕨科 Athyriaceae

廣葉鋸齒雙蓋蕨 *Diplazium dilatatum* Bl.

細柄雙蓋蕨 *Diplazium donianum* (Mett.) Tard.-Blot

深山雙蓋蕨 *Diplazium mettenianum* (Miq.) C. Chr.

廣葉深山雙蓋蕨 *Diplazium petrii* Tardieu

單葉雙蓋蕨 *Diplazium subsinuatatum* (Wall. ex Hook. & Grev.) Tagawa

鐵角蕨科 Aspleniaceae

山蘇花 *Asplenium antiquum* Makino

生芽鐵角蕨 *Asplenium normale* Don

鐵角蕨 *Asplenium trichomanes* L.

水龍骨科 Polypodiaceae

橢圓線蕨 *Colysis elliptica* (Thunb.) Ching

抱樹蕨 *Lemmaphyllum microphyllum* Presl

波氏星蕨 *Microsorium buergerianum* (Miq.) Ching

松科 Pinaceae

日本黑松 *Pinus thunbergii* Parl.

羅漢松科 Podocarpaceae

竹柏 *Nageia nagi* (Thunb.) O. Ktze.

殼斗科 Fagaceae

青剛櫟 *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb. ex Murray) Oerst.

毬子櫨 *Cyclobalanopsis sessilifolia* (Bl.) Schottky

桑科 Moraceae

牛奶榕 *Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King

天仙果 *Ficus formosana* Maxim.

蕁麻科 Urticaceae

冷清草 *Elatostema lineolatum* Wight var. *majus* Wedd.

長梗紫麻 *Oreocnide pedunculata* (Shirai) Masam.

赤車使者 *Pellionia radicans* (Sieb. & Zucc.) Wedd.

短角冷水麻 *Pilea aquarum* Dunn subsp. *brevicornuta* (Hayata) C. J. Chen

山龍眼科 Proteaceae

紅葉樹 *Helicia cochinchinensis* Lour.

山龍眼 *Helicia formosana* Hemsl.

蓼科 Polygonaceae

火炭母草 *Polygonum chinense* L.

木蘭科 Magnoliaceae

烏心石 *Michelia compressa* (Maxim.) Sargent

番荔枝科 Annonaceae

瓜馥木 *Fissistigma oldhamii* (Hemsl.) Merr.

五味子科 Schisandraceae

南五味子 *Kadsura japonica* (L.) Dunal

樟科 Lauraceae

香葉樹 *Lindera communis* Hemsl.

大香葉樹 *Lindera megaphylla* Hemsl.

長葉木薑子 *Litsea acuminata* (Bl.) Kurata

鹿皮斑木薑子 *Litsea coreana* Lévl.

豬腳楠 *Machilus thunbergii* Sieb. & Zucc.

香楠 *Machilus zuihoensis* Hayata

變葉新木薑子 *Neolitsea aciculata* (Bl.) Koidz. var. *variabilissima* (Hayata) J. C.

Li

小檗科 Berberidaceae

十大功勞 *Mahonia japonica* (Thunb. ex Murray) DC.

木通科 Lardizabalaceae

石月 *Stauntonia obovatifoliola* Hayata

防己科 Menispermaceae

土防己 *Cyclea gracillima* Diels

胡椒科 Piperaceae

風藤 *Piper kadsura* (Choisy) Ohwi

薄葉風藤 *Piper sintenense* Hatusima

金粟蘭科 Chloranthaceae

草珊瑚 *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai

獼猴桃科 Actinidiaceae

水冬瓜 *Saurauia tristyla* DC. var. *oldhamii* (Hemsl.) Finet & Gagnep.

茶科 Theaceae

台灣楊桐 *Adinandra formosana* Hayata

茶 *Camellia sinensis* (L.) Ktze.

森氏紅淡比 *Cleyera japonica* Thunb. var. *morii* (Yamamoto) Masam.

米碎鈴木 *Eurya chinensis* R. Br.

假鈴木 *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski

虎耳草科 Saxifragaceae

狹瓣八仙花 *Hydrangea angustipetala* Hayata

華八仙 *Hydrangea chinensis* Maxim.

鼠刺 *Itea oldhamii* Schneider

小花鼠刺 *Itea parviflora* Hemsl.

薔薇科 Rosaceae

墨點櫻桃 *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim.

變葉懸鉤子 *Rubus corchorifolius* L. f.

台灣懸鉤子 *Rubus formosensis* Ktze.

斯氏懸鉤子 *Rubus swinhoei* Hance

豆科 Leguminosae

相思樹 *Acacia confusa* Merr.

領垂豆 *Archidendron lucidum* (Benth.) I. Nielsen

大戟科 Euphorbiaceae

密花五月茶 *Antidesma japonicum* Sieb. & Zucc. var. *densiflorum* Hurusawa

刺杜密 *Bridelia balansae* Tutch.

裏白饅頭果 *Glochidion acuminatum* Muell.-Arg.

細葉饅頭果 *Glochidion rubrum* Bl.

野桐 *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg.

白匏子 *Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg.

白白 *Sapium discolor* Muell.-Arg.

虎皮楠科 Daphniphyllaceae

奧氏虎皮楠 *Daphniphyllum glaucescens* Bl. subsp. *oldhamii* (Hemsl.) Huang var. *oldhamii* (Hemsl.) Huang

芸香科 Rutaceae

三腳鼈 *Melicope pteleifolia* (Champ. ex Benth.) T. Hartley

清風藤科 Sabiaceae

筆羅子 *Meliosma rigida* Sieb. & Zucc.

台灣清風藤 *Sabia swinhoei* Hemsl.

冬青科 Aquifoliaceae

燈稱花 *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ.

台灣糊櫨 *Ilex ficoidea* Hemsl.

糊櫨 *Ilex formosana* Maxim.

朱紅水木 *Ilex micrococca* Maxim.

鐵冬青 *Ilex rotunda* Thunb.

省沽油科 Staphyleaceae

野鴨椿 *Euscaphis japonica* (Thunb.) Kanitz

山香圓 *Turpinia formosana* Nakai

葡萄科 Vitaceae

廣東山葡萄 *Ampelopsis cantoniensis* (Hook. & Arn.) Planch.

虎葛 *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep.

三葉崖爬藤 *Tetrastigma formosanum* (Hemsl.) Gagnep.

杜英科 **Elaeocarpaceae**

薯豆 *Elaeocarpus japonicus* Sieb. & Zucc.

杜英 *Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir.

猴歡喜 *Sloanea formosana* Li

胡頹子科 **Elaeagnaceae**

鄧氏胡頹子 *Elaeagnus thunbergii* Serv.

秋海棠科 **Begoniaceae**

水鴨腳 *Begonia formosana* (Hayata) Masam.

葫蘆科 **Cucurbitaceae**

絞股藍 *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino

千屈菜科 **Lythraceae**

九芎 *Lagerstroemia subcostata* Koehne

桃金娘科 **Myrtaceae**

小葉赤楠 *Syzygium buxifolium* Hook. & Arn.

野牡丹科 **Melastomataceae**

柏拉木 *Blastus cochinchinensis* Lour.

野牡丹 *Melastoma candidum* D. Don

五加科 **Araliaceae**

台灣樹參 *Dendropanax dentiger* (Harms ex Diels) Merr.

台灣常春藤 *Hedera rhombea* (Miq.) Bean var. *formosana* (Nakai) Li

鵝掌柴 *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms

紫金牛科 **Myrsinaceae**

雨傘仔 *Ardisia cornudentata* Mez

小葉樹杞 *Ardisia quinqueгона* Blume

樹杞 *Ardisia sieboldii* Miq.

山桂花 *Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi ex Zoll.

台灣山桂花 *Maesa perlaria* (Lour.) Merr. var. *formosana* (Mez) Yuen P. Yang

大明橘 *Myrsine seuginii* H. Lévl.

柿樹科 Ebenaceae

山紅柿 *Diospyros morrisiana* Hance

灰木科 Symplocaceae

灰木 *Symplocos chinensis* (Lour.) Druce

四川灰木 *Symplocos setchuensis* Brand

山豬肝 *Symplocos theophrastifolia* Sieb. & Zucc.

木犀科 Oleaceae

大葉木犀 *Osmanthus matsumuranus* Hayata

夾竹桃科 Apocynaceae

絡石 *Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lemaire

蘿藦科 Asclepiadaceae

絨蘭 *Hoya carnosa* (L. f.) R. Brown

茜草科 Rubiaceae

伏牛花 *Damnacanthus indicus* Gaertn.

山黃梔 *Gardenia jasminoides* Ellis

琉球雞屎樹 *Lasianthus fordii* Hance

雞屎樹 *Lasianthus obliquinervis* Merr.

圓葉雞屎樹 *Lasianthus wallichii* Wight

短毛玉葉金花 *Mussaenda macrophylla* Wall. var. *brevipilosa* Jayaweera

白花蛇根草 *Ophiorrhiza pumila* Champ. ex Benth.

九節木 *Psychotria rubra* (Lour.) Poir.

鈴壁龍 *Psychotria serpens* L.

茜草樹 *Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr.

狗骨仔 *Tricalysia dubia* (Lindl.) Ohwi

水金京 *Wendlandia formosana* Cowan

旋花科 Convolvulaceae

亨利氏伊立基藤 *Erycibe henryi* Prain

馬鞭草科 Verbenaceae

杜虹花 *Callicarpa formosana* Rolfe

大青 *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.

爵床科 Acanthaceae

哈啞花 *Staurogyne concinnula* (Hance) O. Ktze.

苦苣苔科 Gesneriaceae

芒毛苣苔 *Aeschynanthus acuminatus* Wall. ex A. DC.

忍冬科 Caprifoliaceae

呂宋莢迷 *Viburnum luzonicum* Rolfe

菊科 Compositae

山菊 *Farfugium japonicum* (L.) Kitam.

百合科 Liliaceae

高節沿階草 *Ophiopogon reversus* C. C. Huang

七葉一枝花 *Paris polyphylla* Sm.

姜蕤 *Polygonatum odoratum* (Miller) Druce. var. *pluriflorum* (Miq.) Ohwi

仙茅科 Hypoxidaceae

船子草 *Curculigo capitulata* (Lour.) Kuntze

菝契科 Smilacaceae

假菝契 *Smilax bracteata* C. Presl

菝契 *Smilax china* L.

台灣土茯苓 *Smilax lanceifolia* Roxb.

鴨跖草科 Commelinaceae

小杜若 *Pollia miranda* (H. Lév.) H. Hara

莎草科 Cyperaceae

煙火臺 *Carex cruciata* Wahl.

禾本科 Gramineae

芒 *Miscanthus sinensis* Andersson

竹葉草 *Oplismenus compositus* (L.) P. Beauv.

求米草 *Oplismenus hirtellus* (L.) P. Beauv

棕櫚科 Palmae

黃藤 *Calamus quiquesetinervius* Burret

天南星科 Araceae

姑婆芋 *Alocasia odora* (Lodd.) Spach.

申跋 *Arisaema ringens* (Thunb.) Schott

柚葉藤 *Pothos chinensis* (Raf.) Merr.

薑科 Zingiberaceae

山月桃 *Alpinia intermedia* Gagn.

蘭科 Orchidaceae

台灣金線蓮 *Anoectochilus formosanus* Hayata

台灣根節蘭 *Calanthe speciosa* (Bl.) Lindl.

白鶴蘭 *Calanthe triplicata* (Willemet) Ames

綠花肖頭蕊蘭 *Cephalantheropsis gracilis* (Lindl.) S. Y. Hu

滿綠隱柱蘭 *Cryptostylis arachnites* (Bl.) Hassk.

毛苞斑葉蘭 *Goodyera clavata* Pearce & Cribb.

寶島羊耳蒜 *Liparis formosana* Reichb. f.

大花羊耳蒜 *Liparis nigra* Seidenf.

附錄十五、期初審查會議紀錄

檔 號：

保存年限：

陽明山國家公園管理處 函

機關地址：11292臺北市北投區竹子湖路1-20號
聯絡人：王瑞中
聯絡電話：(02)28617904#15
電子郵件：rueichung@mail.ymsnp.gov.tw
傳真電話：(02)28614822

受文者：國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強教授

發文日期：中華民國99年5月14日

發文字號：營陽保字第0996001900號

速別：速件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：會議紀錄

主旨：檢送本處「陽明山國家公園杪樺科植物植群生態（及病理）之研究」期初審查會議紀錄乙份，請 查照。

說明：依據本處99年5月4日營陽保字第0996001704號函辦理。

正本：國立臺灣師範大學生命科學系黃生教授、國立臺灣師範大學生命科學系王震哲教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系林長平教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強教授、國立臺灣大學森林環境暨資源學系邱祈榮助理教授、本處處長室、各課室組站

副本：本處保育研究課

處長 林永茂

「陽明山國家公園杪樺科植物植群生態(及病理)之研究」

期初審查會議紀錄

一、時間：99年05月07(星期五)下午2時30分

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：林處長永發

記錄：王瑞中

四、出(列)席單位及人員

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣師範大學生命科學系 黃生教授	教授	請假
國立臺灣師範大學生命科學系 王震哲教授	教授	王震哲
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 林長平教授	教授	林長平

受託單位代表

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 沈偉強副教授	副教授	沈偉強
國立臺灣大學森林環境暨資源學系 邱祁榮助理教授	助理教授	邱祁榮
台大植微系	學生	黃昱凱
臺灣大學植物標本館	助理	高美芳

本處出席人員

出(列)席單位	職稱	簽到處
本處詹副處長德樞	副處長	詹德樞
叢秘書培芝	秘書	叢培芝
企劃經理課		

環境維護課	課長	韓志武
遊憩服務課	課長	王修志
解說教育課	約聘解說員	譚 偉
小油坑管理站	主任	呂 生
龍鳳谷管理站	主任	周俊賢
擎天崗管理站		
陽明書屋管理站	主任	李青峰
建管小組		
資訊室	技士兼主任	張榮欽
會計室		
人事室		
行政室		
保育研究課	課長	羅淑英
	技師	蔡雅靜
	技士	張弘明
	技士	陳宏豪
	巡查員	王瑞中

列席單位

出(列)席單位	職 稱	簽 到 處

五、受託單位報告：(略)

六、討論：

林長平教授：

1. 請持續對國內外杪櫟科病害數據進行蒐集。若蕨類病害少，可能有特殊代謝物或機制來保護。
2. 也可以由生長點以外的部位一併採樣，不一定由病徵部位開始採樣。
3. 病毒、類病毒的致病因素也請一起考量。
4. 假設此為病害，是否可能由媒介昆蟲或其他方式傳播？

受託單位回應：

1. 文獻初步蒐集顯示蕨類病害少、蟲害是有。而蕨類病害較少，可能與二次代謝物有關；生物鹼也有人分析，是否有關尚無進一步之報告。植物之抗性也可能由內共生之微生物產生二次代謝物給予保護。
2. 地上部有病徵，病原不一定以該處為發生原，往後會加強根部的採樣。目前對地上莖部不同分層之橫切面，僅發現近莖頂處有病變之跡象。
3. 有些病菌無法以人工培養，若有這類困難將考慮以分子技術、組織切片、電顯切片來研究。在不同地區筆筒樹上採集到可共同培育之菌類，是後續所關注的主要目標。
4. 是否由昆蟲或其他因素攜帶病原，將會加強昆蟲的誘集試驗。

林處長永發：

國內外的筆筒樹是否有相關的病害案例？

受託單位回應：

筆筒樹分布是以台灣為主，向外輻射擴散，因此台灣的族群數量最多，會持續蒐集相關文獻。曾有報導指出疑似為小粒菌核菌，此病害在其他作物曾有發生過，但在筆筒樹為第一次發現，需要完成柯霍氏法則才能判斷是否為此病菌造成。另有學者認為可能為自然選汰造成死亡，但陸續有發現小株筆筒樹出現疑似病害。

王震哲教授

1. 造成筆筒樹大量死亡之原因目前無概念，也可能自然死亡或機械性傷害，在未有明確證據前可把所有致死因素一併考慮。樣區的選定也要包含健康的植株，才可進行對照，後續再來排除不可能之因素。
2. 為何出現大量死亡，是環境因素或是外來病害，為何以往沒有這樣的情況，或許可藉由琉球松及蘇鐵的案例來參考。
3. 位於林下的筆筒樹無法以正射影像確實標示出來。

受託單位回應：

1. 樣區的選定會包含健康與罹病之植株，目前已死亡的植株是何時死亡尚無相關資料，期待能由不同年份之正射影像判釋其死亡時間，將是樣區設立之考量要素。
2. 將會巡查車道及主要的步道，並在制高點進行人工的筆筒樹判釋、標定，補足正射影像無法呈現的立木。

陳技士宏豪：

筆筒樹的死亡病徵與大王椰子的芽腐病類似，筆筒樹的病徵出現到死亡需要多久時間？

受託單位回應：

目前尚無資料可供參考，將持續對筆筒樹生態及病理進行研究。

呂主任理昌：

1. 樹蕨為台灣的重要產物，現在出現病害，其他的蕨類是否也發生病害？小苗或不同年齡層發病的比例如何？
2. 多年前就有死亡的案例出現，期待能有傳播速率的監測，及何種地形、地勢較易得病的相關資料。

受託單位回應：

1. 在擾動的區域為筆筒樹主要分布據點，先找出分布之特性，再藉由樣區的監測，以找出擴散、及與環境的關聯資料。
2. 筆筒樹可能不止近年死亡數量多，在以往就持續有死亡個發生，但是最近太多人關注及討論。

王教授震哲：

筆筒樹多生長在山坡、崩塌地更新之地區，是為先驅物種，可以解釋為何同群筆筒樹的年齡相近，所以可能出現整批老化死亡。在中國甚至將筆筒樹列為紅皮書之保護物種。

受託單位回應：

以上資料納入參考。

詹副處長德樞：

大屯自然公園涼亭邊的筆筒樹，有學者認為可能與乾旱、日照等環境因素有關而導致死亡。

受託單位回應：

以上資料納入參考。

羅課長淑英：

菁山自然中心入口右側的筆筒樹於民國 85 年長出，為獨立生長之個體，目前約 14 歲，其樹型、樹高可供受託單位研究參考。

受託單位回應：

以上資料納入參考。

七、結論：

請受託單位參考委員及同仁意見進行修正，期初審查會議通過，並依約辦理款項撥付事宜

八、散會（16時）。

陽明山國家公園
杪櫨科植物植群生態(及病理)之研究

附錄十六、第一次期中審查會議紀錄

檔 號：	
保存年限：	
陽明山國家公園管理處 函	
機關地址：11292臺北市北投區竹子湖路1-20號	
聯絡人：王瑞中	
聯絡電話：(02)2861-3601#702	
電子郵件：rueichung@mail.ymssp.gov.tw	
傳真電話：(02)2861-4822	
受文者：國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強教授	
發文日期：	中華民國99年7月16日
發文字號：	營陽保字第0996002790號
速別：	速件
密等及解密條件或保密期限：	普通
附件：	會議紀錄
主旨：檢送本處「陽明山國家公園杪樺科植物植群生態（及病理）之研究」第一次期中審查會議紀錄乙份，請 查照。	
說明：依據本處99年7月1日營陽保字第0990004313號函辦理。	
正本：國立臺灣師範大學生命科學系黃生教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系林長平教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強教授、國立臺灣大學森林環境暨資源學系邱祈榮助理教授、本處處長室、各課室組站	
副本：本處保育研究課	
處長 林永茂	
第1頁 共1頁	

「陽明山國家公園杪櫨科植物植群生態(及病理)之研究」

期初審查會議紀錄

一、時間：99年07月12(星期一)上午10時整

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：林處長永發

詹德樞

記錄：王瑞中

四、出(列)席單位及人員

評審委員

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣師範大學生命科學系 黃生教授	教授	黃生
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 林長平教授	教授	林長平

受託單位

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 沈偉強副教授	副教授	沈偉強
國立臺灣大學森林環境暨資源學系 邱郁榮助理教授	助理教授	邱郁榮

本處出席人員

出(列)席單位	職稱	簽到處
本處詹副處長德樞	副處長	詹德樞
叢秘書培芝	秘書	叢培芝
企劃經理課		
環境維護課	技士	劉嘉仁
遊憩服務課	技士	高子媛
解說教育課	約聘副記室	陳惠如

小油坑管理站	主任	呂生弘
龍鳳谷管理站	主任	周俊賢
擎天崗管理站		
陽明書屋管理站		
建管小組		
資訊室		
會計室		
人事室		
行政室		
保育研究課	技士	張弘明
	技佐	苑雅靜
	約聘研究員	→ 金田
	約僱	王瑞中

列席單位

出(列)席單位	職 稱	簽 到 處

五、受託單位報告：(略)

六、討論：

黃委員生：

1. 在筆筒樹方面做的很好，但其他杪欏科的調查未達相同水準，僅做了步道調查，是否將題目中的杪欏科改成筆筒樹？專心做筆筒樹的調查就可以。
2. 在蕨類分類上，鬼杪欏與筆筒樹的差異很大，無法與筆筒樹放在同一階層，建議不要用這樣的檢索表。
3. 病株發生在成體或是幼株？如果只有成體生病，就根據已繪出的分布圖進行調查，專心調查成體。
4. 樹冠下的幼苗沒有必要再繪製，目前繪製筆筒樹的分布圖已相當優良，除非是生病的幼苗才需要再調查。
5. 樣區方面，看陽管處是否要推動長期 inventory，長期樣區每 3 年複查一次看其變化，但後續需要投入相當大人力。若不執行長期調查，樣區可再考量縮減，否則投入太多人力。目前已有非常好的起點，標繪出 4 萬多棵筆筒樹，為陽明山目前最好的調查，也有流量累積圖，建議陽管處將高海拔芒草與包籜矢竹的推移調查搭配中低海拔筆筒樹的族群調查，做出高格局的生態研究。
6. 樣區選擇盡量避免 face to face 的兩山坡，因為孢子會相傳播感染，選擇 back to back 一乾一濕、不同坡向的樣區可以相比較，並找出伴生植物種類。

受託單位回應：

1. 調查會以筆筒樹為主要對象，以空照圖搭配步道調查主要是想瞭解實際誤差狀況。
2. 樣區選擇的細部規劃會參考委員意見執行。

詹副處長德樞：

一開始在邀標書上已有註明調查是以筆筒樹為主，其他的杪欏科為輔，受託單位的執行方向應該符合，現階段不適合去更動計畫名稱。

林委員長平：

1. 目前筆筒樹生病的情況沒有當初預期的嚴重，應該與特殊坡向、海拔有關聯性。
2. 在發病的植株已可以看到一些真菌、細菌、腐生線蟲，若配合陽管處這邊取得不同的發病程度的植株進行分離，可以得到更完整的結果。

受託單位回應：

1. 目前觀測的死亡比例是沒有那麼高，以小油坑吳厝停車場附近為例，約 100 多株筆筒樹僅有 5 株左右死亡個體。初步看起來在較原始區域的死亡率較低。

2. 陽明山的步道眾多，對於不同發病期的筆筒樹，希望陽管處巡查志工可以協助通報發病初期的筆筒樹，以方便快速進行採樣，因為已死亡的植株其內部微生物相複雜、干擾的因子非常多

呂主任理昌：

剛才黃老師有提到關於後續監測的議題，可否提出一些建議。

受託單位回應：

1. 陽明山的範圍相較其他國家公園來的小，展望良好的地區也多，在監測上的操作性較高。未來應該思考生態監測如何設想一個好的框架，都是需要事先規劃。
2. 台灣目前的植群型都沒有發表，要發布才能讓大家知道這是台灣獨特的，在植物方面完成細部的調繪工作，再併上動物及各種棲地的條件是一種可操作的方式。

陳約聘解說員惠娟：

1. 筆筒樹除了生病也會自然老死，請問目前死亡筆筒樹的年齡分布範圍？
2. 對於筆筒樹病株的通報，是否可提供辨別的依據及相關圖片，以及較易發生死亡的坡向、地形。
3. 園區內步道的環境因素都不同，日照、溼度、含水量都有差異，使筆筒樹的分布也會有差異，是否可提供筆筒樹與這些因素的相關性。

受託單位回應：

1. 目前幼苗不容易看到整株死亡的狀況，但有些小棵的筆筒樹也發現有生長情況不理想。
2. 未來會標示筆筒樹的立木樣區，如果可以請志工協助定期拍照回報，就可以很立即的掌握疫情資訊。並會將樣區上有罹病的筆筒樹病徵拍攝下來提供志工參考，做為判斷的依據。
3. 會先將步道、車道有得病的筆筒樹先調查出來，才能與環境的關係進一步釐清。

詹副處長德樞：

若有需要監測的區域可以請對植物有興趣的志工協助觀測。

七、結論：

1. 請受託單位參考委員及與會同仁意見進行修正。
2. 第一次期中審查會議通過，依計劃執行。
3. 加強相關研究案（陽明山國家公園包籜矢竹物候及採筍效應之研究）與本計劃之橫向聯繫，並請受託單位於結案報告中對後續監測工作提供建議。

八、散會（11時40分）。

附錄十七、第二次期中審查會議紀錄

檔 號：

保存年限：

陽明山國家公園管理處 函

機關地址：11292臺北市北投區竹子湖路1-20號

聯絡人：王瑞中

聯絡電話：02-2861-3601#702

電子郵件：rueichung@mail.ymsnp.gov.tw

傳真電話：02-2861-4822

受文者：國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強教授

發文日期：中華民國99年12月16日

發文字號：營陽保字第0996004943號

速別：速件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：會議紀錄乙份

主旨：檢送本處「陽明山國家公園杪櫟科植物植群生態（及病理）之研究」第二次期中審查會議紀錄乙份，請 查照。

說明：依據本處99年12月6日營陽保字第0990008132號函辦理。

正本：國立臺灣師範大學生命科學系黃生教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系林長平教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強教授、國立臺灣大學森林環境暨資源學系邱祈榮助理教授、本處處長室、企劃經理課、環境維護課、遊憩服務課、解說教育課、資訊室、建管小組、小油坑管理站、龍鳳谷管理站、擎天崗管理站、陽明書屋管理站

副本：本處保育研究課

處長 林永成

「陽明山國家公園杪櫟科植物植群生態(及病理)之研究」

第二次期中審查會議紀錄

一、時間：99年12月08(星期三)下午14時30分

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：林處長永發

詹宏彬代

記錄：王瑞中

四、出(列)席單位及人員

評審委員

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣師範大學生命科學系 黃生教授	教授	黃生
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 林長平教授	教授	林長平

受託單位

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 沈偉強副教授	副教授	沈偉強
國立臺灣大學森林環境暨資源學系 邱郁榮助理教授	助理教授	邱郁榮

本處出席人員

出(列)席單位	職稱	簽到處
本處詹副處長德樞	副處長	詹宏彬
叢秘書培芝	秘書	
企劃經理課		
環境維護課		
遊憩服務課		
解說教育課	技正	陳育伯

小油坑管理站	主任	呂生良
龍鳳谷管理站	主任	周俊賢
擎天崗管理站		
陽明書屋管理站	主任	呂生良
建管小組		
資訊室		
保育研究課	課長	張淑英
	技士	張弘明
	技士	王瑞中

列席單位

出(列)席單位	職稱	簽到處
台灣大學植物病理暨微生物學系	學生	黃丑凱

五、受託單位報告：（略）

六、討論：

黃委員生：

1. 可否在 24 個樣區內均有 96、98 年的空照比對圖，看族群是否增長或衰弱。
2. 若拉大間隔為 3 年，2010、2007、2004、2001 年均檢視空照圖，森林動態的呈現會相當完整，也是重要的成果。
3. 除了罹病筆筒樹也應該對健康筆筒樹採樣作為病理試驗的對照組。
4. 增加筆筒樹縱切面較容易看出由何處開始發病，筆筒樹的根系與被子植物不同，不能以被子植物的觀念去實驗。
5. 維管束是否有受感染？由圖片看起來像是皮層感染。髓部柔軟多汁，病原可能存在薄壁組織內，應找解剖學專家協助。

受託單位回應：

1. 目前在空照圖尚無法確認 96、98 年間增加及缺少筆筒樹的因素為何。也希望能看出筆筒樹的族群是否有 regeneration 的現象。
2. 目前未針對健康植株取樣，但有在病株的未發病部位嘗試進行菌株分離。

林委員長平：

1. 仍要有健康植株來當對照，且以縱切可釐清褐變的發生源。
2. 分離的菌株非常雜，但有關細菌的描述很少，這麼多的分離株會有多少種類。
3. 不同的發病等級，菌相是否會相同。
4. 目前進行的科霍氏法則是否考量以替代性植株或組培來快速檢測。
5. 是否有菌株鑑定上初步的資訊，並釐清與其他研究單位的分菌結果是否相同。
6. 接種時應考量天然傳播方式。

受託單位回應：

1. 目前 17 株病株的採樣，細菌都非常的少，在 267 株菌株中可能不超過 10 種菌種。
2. 在葉片都沒有分離出菌，因此目前改在莖部進行分離，葉片呈現枯黃可能係病菌代謝物所致。
3. 目前初步指向某類子囊菌的可能性較大，但在證據明確前仍無法斷言。

王巡查員瑞中：

1. 是否有觀察到其他附生植物會著生在筆筒樹上。

2. 筆筒樹的枯木或倒木會不會有其他生物再去利用。

3. 通常這類子囊菌的傳播方式為何？

受託單位回應：

1. 野外少看到有附生植物，但臺大校園內的筆筒樹有其他附生植物。

2. 這類子囊菌會產生2種孢子，無性分生孢子與有性孢子，但目前紀錄多在農作物上感染。

張技士弘明：

1. 可否解釋陽明山東北坡向筆筒樹較多，而與其他學者研究結果之差異。

2. 文化大學有設許多雨量筒，若需資料可以提供。

3. 筆筒樹特定區域密度高可否解釋原因。

受託單位回應：

1. 陽明山筆筒樹以中度坡率較多，相對於蘇花地區峭壁較多。東北坡向較潮濕，筆筒樹或許偏好此環境。

2. 目前較欠缺溫度的詳細資料，以及其他微氣候如霧氣的資料。在7、8月的時候大量死亡，10月以後則較少見，也不排除受瞬間高溫而致死。

羅課長淑英：

1. 菁山中心設有氣象觀測站，相關資料已匯入自然資源資料庫可供使用。年底小油坑氣象站亦將建置完成，兩站均可提供溫度變化資料。

2. 筆筒樹的死亡是否有可能為老死。全球環境變遷會不會讓筆筒樹失去生存空間。

受託單位回應：

1. 不論大棵或小棵的筆筒樹都有死亡案例，初步排除為自然老死。

2. 要探討氣候變遷，要先看各測候站每年的資料是否有變動，尤其是微環境的資料更為重要。

七、結論：

1. 請受託單位參考兩位委員及與會同仁意見進行修正。

2. 第二次期中審查通過，辦理經費撥付事宜。

八、散會（16時30分）。

附錄十八、第一次工作會議紀錄

檔 號：

保存年限：

陽明山國家公園管理處 函

機關地址：11292臺北市陽明山竹子湖路1-20號
聯絡人：王瑞中
聯絡電話：02-2861-3601#702
電子郵件：rueichung@mail.ym SNP.gov.tw
傳真電話：02-2861-4822

受文者：國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強副教授

發文日期：中華民國100年5月13日

發文字號：營陽保字第1006001861號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：

主旨：檢送本處「陽明山國家公園杪欏科植物植群生態（及病理）之研究」第一次工作會議紀錄乙份，請 查照。

說明：依據本處100年5月5日營陽保字第1006001780號函辦理。

正本：國立臺灣師範大學生命科學系黃生教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系林長平教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系曾顯雄教授、國立臺灣大學昆蟲學系許如君助理教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強副教授、國立臺灣大學森林環境暨資源學系邱祈榮助理教授、本處處長室、企劃經理課、環境維護課、遊憩服務課、解說教育課、小油坑管理站、龍鳳谷管理站、擎天崗管理站、陽明書屋管理站

副本：本處保育研究課

處長 林永炎

「陽明山國家公園杪櫟科植物植群生態(及病理)之研究」

第一次工作會議紀錄

一、時間：100年05月06(星期五)下午14時00分

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：林處長永發

廖法樞

記錄：王瑞中

四、出(列)席單位及人員

專家學者

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣師範大學生命科學系 黃生教授	教授	
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 林長平教授	教授	
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 曾顯雄教授	教授	曾顯雄
國立臺灣大學生命科學院 郭城孟副教授	副教授	
國立臺灣大學昆蟲學系 許如君助理教授	助理教授	許如君
國立臺灣大學溪頭植物醫學中心 蕭文偉研究員	研究員	
行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 蔡偉皇技正	技正	

受託單位

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 沈偉強副教授	副教授	沈偉強
國立臺灣大學森林環境暨資源學系 邱祁榮助理教授	助理教授	邱祁榮

本處出席人員

出(列)席單位	職 稱	簽 到 處
本處詹副處長德樞	副處長	詹德樞
叢秘書培芝	秘書	
企劃經理課		
環境維護課		
遊憩服務課		
解說教育課	技正	陳育伯
小油坑管理站	主任	王世忠
龍鳳谷管理站	主任	周俊賢
擎天崗管理站		
陽明書屋管理站	主任	王理昌
建管小組		
資訊室		
保育研究課	課長	張淑英
	巡邏員	王瑞中

列席單位

出(列)席單位	職 稱	簽 到 處
台大植病	研究生	黃昱凱

五、受託單位報告：（略）

六、討論：（略）

七、結論：

1. 請受託單位提供筆筒樹病株地點、區域及路徑規劃，以利本處志工協助後續監測計畫及防治工作推行。
2. 使用藥劑防治時，應合乎森林用藥原則。
3. 園區內執行作業時，請於現場立告示牌或穿著工作背心。
4. 本案依計畫持續進行。

八、散會（16時00分）。

附錄十九、第三次期中審查會議紀錄

檔 號：

保存年限：

陽明山國家公園管理處 函

機關地址：11292臺北市陽明山竹子湖路1-20號
聯絡人：王瑞中
聯絡電話：02-2861-3601#702
電子郵件：rueichung@mail.ym SNP.gov.tw
傳真電話：02-2861-4822

受文者：國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強副教授

發文日期：中華民國100年7月13日

發文字號：營陽保字第1006002767號

速別：速件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：會議紀錄

主旨：檢送本處「陽明山國家公園杪櫨科植物植群生態（及病理）之研究」第三次期中審查會議紀錄乙份，請 查照。

說明：依據本處100年6月30日營陽保字第1000004109號函辦理。

正本：國立臺灣師範大學生命科學系黃生教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系林長平教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系曾顯雄教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強副教授、國立臺灣大學森林環境暨資源學系邱祈榮助理教授、本處處長室、企劃經理課、環境維護課、遊憩服務課、解說教育課、小油坑管理站、龍鳳谷管理站、擎天崗管理站、陽明書屋管理站

副本：本處保育研究課

處長 林永炎

「陽明山國家公園杪櫨科植物植群生態(及病理)之研究」

第三次期中審查會議紀錄

一、時間：100年7月8(星期五)下午14時整

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：林處長永發

詹法樞代

記錄：王瑞中

四、出(列)席單位及人員

評審委員

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣師範大學生命科學系 黃生教授	教授	黃生
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 林長平教授	教授	林長平
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 曾顯雄教授	教授	曾顯雄

受託單位

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 沈偉強副教授	副教授	沈偉強
國立臺灣大學森林環境暨資源學系 邱祁榮助理教授	助理教授	邱祁榮

本處出席人員

出(列)席單位	職稱	簽到處
本處詹副處長德樞	副處長	詹法樞
叢秘書培芝	秘書	(請假)
企劃經理課	課長	張順發
環境維護課	課長	韓志新
遊憩服務課	課長	洪志

解說教育課		
小油坑管理站	主任	葉超然
龍鳳谷管理站		
擎天崗管理站		
陽明書屋管理站	課員	張月珍
建管小組		
資訊室		
保育研究課	技士	陳宏豪
	技士	王瑞中
	技士	苑雅靜
	特聘研究員	王全因
	實習生	李冠珮
	實習生	黃淑芬
	實習生	許香珊

列席單位

出(列)席單位	職 稱	簽 到 處
台灣大學 植物病理與微生物學系	學生	黃昱凱

五、受託單位報告：(略)

六、討論：

黃委員生：

1. 報告的文字部份應避免使用科普性寫法，科普解說應於完成後另外提供。
2. 棲地特性分析可以 niche analysis 來描述。
3. 道路邊基本上是不取樣的，道路邊的取樣並不代表陽明山生態，但可將道路邊的取樣切割開來，當做人為干擾區域。
4. 進行科霍氏法則試驗時是否有對照組？
5. 最近常有 35 度以上的高溫，是否因高溫造成筆筒樹死亡後，病菌才進入植物體；或是病菌直接造成植株死亡，這兩種因果關係尚未釐清。
6. 道路邊坡陽光充裕，可促使原葉體成長，所以道路周邊勢必會有較多的筆筒樹。道路柏油路面產熱較多，如何影響周邊苗木的生長是值得進行的研究。
7. 筆筒樹會產生膠體，在對抗病菌上可能是有意義的。

受託單位回應：

1. 目前已有微環境監測，以溫濕度記錄儀監測有生病及無生病的筆筒樹，兩者的差異性要等到 8 月資料才會齊全。
2. 志工主要是進行現場的監測及回報工作。
3. 高溫很可能加速病菌的致病力，而實驗時在非高溫環境亦發生枯萎死亡。

林委員長平：

1. 需要釐清環境因子所扮演的角色，是當前重點項目。
2. 研究有發現產孢構造，這些東西在植株內部是如何運送？
3. 菌株鑑定方面，之前所進行的形態鑑定與目前的分子鑑定結果是否相契合？
4. 此菌目前在陽明山是否有造成其他植物感染受害？
5. 藥劑對孢子是否具有抑制作用？
6. 陽明山地區是否有此類菌的其他屬或是小種的存在？

受託單位回應：

1. 環境因子的角色會是接下來研究的項目。
2. 會再進行藥劑對於孢子的發芽試驗。

曾委員顯雄：

1. 孢子角的傳播要靠雨水，8 月份颱風、雨水多，將有助於傳播。
2. 很多案例是植物體死亡後體表有裂隙，病菌才入侵。
3. 可以在戶外用孢子採集器蒐集孢子，目前也無法排除是以昆蟲媒

介傳播。

4. 如同林老師所言，藥劑對於孢子的抑制力是可以進行的試驗。
5. 已有文獻顯示有些菌在高溫下致病力特別強。
6. 同意黃老師的觀點，科霍氏法則要進行對照組。
7. 菌類孢子分乾性孢子與濕性孢子，乾性以風傳播，濕性以雨水傳播。
8. 植物產生的膠體，也會阻塞植物的輸導組織。

受託單位回應：

1. 將會安排野外空氣孢子蒐集。
2. 目前所觀察到的孢子角很黏，在傳播上應該跟雨水有很大關聯。
3. 此菌很黏，可能也是造成阻塞的原因。

葉主任超然：

1. 報告書的第二節，可否將臺灣及陽明山分為不同兩節論述。
2. 目前是以藥劑防治為主軸，往後是否考量用生物防治來施作。

受託單位回應：

現階段仍以藥劑防治為主，要進行生物防治還有一段距離。

七、結論：

請受託單位參考委員及與會同仁意見進行修正，第三次期中審查會議通過。

八、散會（16時10分）。

附錄二十、期末審查會議紀錄

檔 號：	
保存年限：	
陽明山國家公園管理處 函	
機關地址：11292臺北市北投區竹子湖路1-20號	
聯絡人：王瑞中	
聯絡電話：(02)2861-3601#702	
電子郵件：rueichung@mail.ymssp.gov.tw	
傳真：(02)2861-4822	
受文者：國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強副教授	
發文日期：中華民國100年12月23日	
發文字號：營陽保字第1006005092號	
速別：速件	
密等及解密條件或保密期限：普通	
附件：會議紀錄	
主旨：檢送本處「陽明山國家公園杪櫟科植物植群生態（及病理）之研究」期末審查會議紀錄乙份，請 查照。	
說明：依據本處100年12月2日營陽保字第1000007938號函辦理。	
正本：國立臺灣師範大學生命科學系黃生教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系林長平教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系曾顯雄教授、國立臺灣大學植物病理與微生物學系沈偉強副教授、國立臺灣大學森林環境暨資源學系邱祈榮助理教授、本處處長室、企劃經理課、環境維護課、遊憩服務課、解說教育課、小油坑管理站、龍鳳谷管理站、擎天崗管理站、陽明書屋管理站	
副本：本處保育研究課	
處長 林永炎	
第1頁 共1頁	

「陽明山國家公園杪櫟科植物植群生態(及病理)之研究」

期末審查會議紀錄

一、時間：100 年 12 月 16 (星期五) 下午 14 時整

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：林處長永發

詹宏樞

記錄：王瑞中

四、出(列)席單位及人員

評審委員

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣師範大學生命科學系 黃生教授	教授	黃生
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 林長平教授	教授	林長平
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 曾顯雄教授	教授	曾顯雄

受託單位

出(列)席單位	職稱	簽到處
國立臺灣大學植物病理與微生物學系 沈偉強副教授	副教授	沈偉強
國立臺灣大學森林環境暨資源學系 邱新榮助理教授	助理教授	邱新榮

本處出席人員

出(列)席單位	職稱	簽到處
本處詹副處長德樞	副處長	詹宏樞
叢秘書培芝	秘書	叢培芝
企劃經理課		
環境維護課	課長	韓志新
遊憩服務課	課長	游志新

解說教育課	課長	陳彥伯
小油坑管理站	主任	李超英
龍鳳谷管理站	主任	周俊賢
擎天崗管理站		
陽明書屋管理站	主任	呂姓
建管小組		
資訊室		
保育研究課	課長	李淑英
	主任	王瑞中

列席單位

出(列)席單位	職稱	簽到處
台大植微所	學生	黃品

五、受託單位報告：（略）

六、討論：

黃委員生：

1. 請改正目前報告書科普性的寫法。
2. 前次會議提出的niche analysis仍未描述。
3. 報告書請加上圖、表目錄。
4. 報告書的繕寫，請以「顯著」、「不顯著」這類科學用詞來描述實驗結果，需要正式的統計檢定，不要寫明顯、不明顯等用語。
5. 蕨類檢索表請參考Flora of Taiwan的正式形態用語來描述。
6. 這個研究的hypothesis是甚麼？務必要說明清楚。
7. 第60頁的圖要排序好。

受託單位回應：

1. 先說明科霍氏的問題，一開始幾片葉子枯萎，後期整株萎凋，維管束受到感染，整個輸導組織受到影響，所以莖部、根部都有可能出現萎凋的情形，一開始我們在萎凋葉柄分不到微生物，所以感染源有可能在其他部位，因此進行了樹幹切片的實驗。
2. 病原侵入的方式大致有兩種，傷口感染是一個方式，或是病原由植物自然開口侵入也是一種，病菌利用酵素或菌絲等方式侵入到健康的植物體內。
3. 病菌接種的方式是以鑽洞接入菌原，希望快速引起反應，尚未進行葉片接種實驗。

林委員長平：

1. 目前初步判定是真菌病原，要多著墨此真菌的生活史與筆筒樹生態的關係。
2. 使用的防治藥劑是否只有腐絕 (Thiabendazole)？
3. 報告有提到此菌可能是新的屬或種，那是否有其他植物為寄主？
4. 空照圖只有96、98年的，可否加入前幾年的資料加強筆筒樹族群消長的判讀。
5. 可建立分子快速鑑定法，以PCR或其他方式鑑別病原。
6. 目前已有相當的資料量，能否將生態、病理的關聯性加強。

受託單位回應：

1. 往後在判讀時會優先由96、98、100年的順序由近年度開始比對。
2. 目前沒有類似此菌種的報導，森林菌相複雜，研究的不像田間那麼多。

3. 目前有在蒐集其他藥劑的資料，並繼續監測樣區的微氣候。
4. 現在已經知道監測的重點區域，並發現筆筒樹萎凋病變是由定點擴散的。
5. 有關筆筒樹的伴生植物，調查發現是沒有差異。

曾委員顯雄

1. 上次曾建議以孢子採集器來輔助判斷病原傳播是蟲媒或是風媒。
2. 藥劑灌注似乎為可行的方式，藥劑的壓力需要大於樹液壓力，類似松材線蟲的防治法。
3. 筆筒樹發病地點不只有陽明山，土城及其他地區的病原也應該採集進行比較。
4. 以孢子懸浮液噴灑於植株上，較合乎自然的風媒方式，應該嘗試。
5. 90%以上的植物內生菌存在已久，可由此觀點切入探討。
6. 病原菌集中在導管或是篩管較多？可為判斷入侵源之依據。

受託單位回應：

謝謝委員建議。目前發病的植株有可能去年度已感染，今年夏天才發病。

羅課長淑英：

1. 報告書格式請依規定修正。
2. 苗木移植需要正式申請。

受託單位回應：

關於罹病筆筒樹是否立即移除，建議後續可進行樣區罹病筆筒樹局部砍除、局部保留的經營試驗。

七、結論：

請依三位委員及同仁意見修改報告書，並在期限內依規定格式繳交，並辦理結案相關事宜。

八、散會（16時00分）。

參考書目

- 陳文雄。2008。蕨類栽培技術。臺東區農業改良場技術專刊（特10輯）。
- 陳美蓮。1995。臺灣的筆筒樹族群遺傳結構之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。
- 陳益明、張昕禮。2006。臺北動物園筆筒樹葉動態及其物候調查。動物園學報。18:39-57。
- 郭城孟。2001。台灣維管束植物簡誌第一卷。行政院農業委員會。
- 郭城孟。2003。陽明山國家公園全區蕨類植物調查。內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告。
- 黃曜謀。1995。蘇澳地區筆筒樹植物社會之植群分析。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
- Coutts, B.A., Kehoe, M.A., Jones, R.A.C. 2011. Minimising losses caused by *Zucchini yellow mosaic virus* in vegetable cucurbit crops in tropical, sub-tropical and Mediterranean environments through cultural methods and host resistance. *Virus Res.* 159:141-160.
- Nagao, H. 1996. Discomycetes on decayed tree fern. (2) *Lachnum varians* (Rehm) Spooner and *Lachnum sclerotii* (A. L. Smith) Haines et Dumont new to Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. B* 22:105-111.
- Nagao, H., Doi, Y. 1996. Discomycetes on decayed tree fern. (1) *Lachnum pteridophyllum* (Rodway) Spooner new to Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. B* 22:19-22.
- Nagao, H. 2008. Discomycetes on decayed tree fern. (3) *Lachnum lanariceps* and *Lachnum oncospermatum* new to Japan. *Mycoscience* 49:403-406.
- Sanchez-Pale, J.R., Ramirez-Davila, J.F., Gonzalez-Huerta, A., and de Leon, C.2011. Modelization of the spatial distribution of corn head smut (*Sporisorium reilianum*

Langdon and Fullerton) in Mexico. *Span. J. Agric. Res.* 9:882-893.

Shieh, W.C. 1994. *Flora of Taiwan*. 2nd Edition, Taipei.

Steven, F.L., Dalbey, N. 1919. A Parasite of the Tree Fern (Cyathea). *Botanical Gazette* 68:222-225.

Tryon, R.M., Gastony, G.J. 1975. The biogeography of endemism in the Cyatheaceae. *The Fern Gazette* 11:73-79.

Vaillant, J., Puggioni, G., Waller, L.A., and Daugrois, J. 2011. A spatio-temporal analysis of the spread of *Sugarcane yellow leaf virus*. *J. Time Ser. Anal.* 32:396–406.