

「111 年壽山國家自然公園長腳捷蟻調查 監測及防治計畫」

成果報告書



國家自然公園管理處

中華民國 111 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)

「111 年壽山國家自然公園長腳捷蟻調查監測 及防治計畫」

受委託單位：國立彰化師範大學

研究主持人：林宗岐

研究人員：許伯誠、林品誌

研究期程：中華民國 111 年 1 月至 111 年 11 月

研究經費：新臺幣 89 萬元

國家自然公園管理處 委託辦理

中華民國 111 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)

摘要

高雄壽山國家自然公園的沿海海岸林和旗後山海堤為重要的陸蟹棲地，但近年發現入侵種長腳捷蟻 (*Anoplolepis gracilipes* Smith, 1857) 出現，於 107 年的研究中了解長腳捷蟻在溼地陸蟹熱點的實際入侵分布情況，而此種強勢的外來螞蟻已經被研究報導在入侵地澳洲聖誕島與多處太平洋島嶼等地造成嚴重的生態危害，尤其對當地陸蟹造成相當大生存上的衝擊。109 年前人用誘餌誘集法在壽山國家自然公園的沿海地區和旗後山海堤周邊的三個陸蟹熱點進行長腳捷蟻調查，結果發現三個陸蟹熱點均有長腳捷蟻的出現，其中以旗後山後山海堤的周邊防風林最為嚴重，110 年度「壽山國家自然公園黃狂蟻人工誘引盒防治計畫」，發現旗後山的長腳捷蟻已有形成超級群落的現象，本計畫於 111 年 2 月至 11 月共 10 個月份（軍區從 3 月開始調查至 11 月），在旗後山、半屏山和北壽山軍事管制區的陸蟹棲地進行長腳捷蟻的分布調查，並於 4 月至 9 月在旗後山共 6 次液態餌劑與昆蟲生長調節劑型餌劑防治，並用人工誘引盒和誘餌調查監控防治成效，並以行為實驗測試三個樣區中的長腳捷蟻是否有出現超級群落。結果旗後山的人工蟻巢誘引盒共誘集到 70 巢蟻巢、348 隻蟻后，以及總數約為 130,557 隻工蟻，以 11 月採集到的蟻巢數最多為 13 巢，以 9 月的工蟻數量為最多 24,262 隻，6 月的蟻后數為最多 79 隻，而 10 月的平均工蟻數為最多 3,166 隻。誘餌誘集法結果顯示半屏山、旗後山與軍區三個樣區都有出現長腳捷蟻，旗後山樣區長腳捷蟻族群分布範圍較為廣泛，族群動態有小幅變動。半屏山樣區的長腳捷蟻在 7 月以前分布範圍侷限於樣區外圍，但在 8 月之後有入侵樣區中部的趨勢。長腳捷蟻族群在軍區樣區已有廣泛分布，但是會受到其他優勢種螞蟻例如熱帶大頭家蟻的競爭影響。與 110 年度「壽山國家自然公園長腳捷蟻人工誘引盒防治計畫」的資料相比，111 年各月份的長腳捷蟻工蟻個體數明顯較 110 年低，顯示施灑液態餌劑與生長調節劑對降低工蟻數有效果。在超級群落範圍測試中，旗後山樣區內的蟻巢屬於相同的蟻群，已形成局域性的超級群落。軍區樣區內的蟻巢皆屬於不同的蟻群，半屏山樣區的蟻群分為兩個群體。其中軍區與半屏山、旗後山之間有相同的蟻群，推測可能是通過人類活動而被引入。

未來建議旗後山樣區距續進行族群抑制的防治與偵測作業，半屏山和軍區則進行偵測以及人工蟻巢誘引盒的移除作業。

關鍵詞：長腳捷蟻、陸蟹、外來種、超級群落。

Abstract

The coastal forests and Qihoushan's seawall of Kaohsiung Shoushan National Nature Park are important habitats for land crabs, but in recent years the invasive species *Anoplolepis gracilipes* Smith (1857) has appeared, and studies of 2018 revealed the actual distribution of this species in wetland land crab hotspots. This formidable alien ant has been reported to cause serious ecological damages in its invaded regions (Australia's Christmas Island, several Pacific islands, etc.), particularly posing a considerable impact on the survival of native land crabs. During 2020, researchers used the bait trapping method to investigate the presence of *A. gracilipes* in three land crab hotspots around coastal area and Qihoushan's seawall of Shoushan National Nature Park. The findings showed that *A. gracilipes* workers were observed in all three land crab hotspots, where windbreak forests around the Qihoushan's seawall represented the most heavily infested areas. "Anoplolepis gracilipes management program 2021 in Shoushan National Nature Park by using artificial ant nests" demonstrated that *A. gracilipes* populations in Qihoushan have been known to form supercolonies. In current studies, fieldwork was conducted once per month from February to November 2022 (investigation in military areas started from March to November 2022) to determine the distribution of *A. gracilipes* around the land crab hotspots of Qihoushan, Banpingshan and Northern Shoushan's military control areas. From April to September 2022, a total of six baiting operations were carried out by applying both liquid boric acid bait and granular insect growth regulator bait. Furthermore, artificial ant nests were deployed to monitor and assess the control efficacy, and behavioral experiments were also performed to investigate the possibilities of supercolonies formation in all three study sites. According to the results, a total of 70 ant nests, 348 queen ants, and 140,557 worker ants were successfully collected through artificial ant nests in Qihoushan. The maximum number of collected ant nests occurs in November (i.e., 13 ant nests), the maximum number of collected worker individuals occurs in September (i.e., 24,262 worker individuals), the maximum number of collected queen ants occur in June (i.e., 79 queen ants), and the maximum average number of collected worker individuals occurs in October (i.e., 3,166 worker individuals). The results of bait trapping indicated *A. gracilipes* workers were detected in all three study sites, i.e., Banpingshan, Qihoushan, and military areas. The distribution range of *A. gracilipes* was relatively wide in Qihoushan, where there was slight fluctuation in population dynamic of this invasive species. For Banpingshan, the distribution range of *A. gracilipes* was somewhat limited to the periphery of sampling areas before July 2022, but it appears that *A. gracilipes* started to invade the central area of this study site since August 2022. *A. gracilipes* populations have been widely distributed in the military areas, but its distribution was affected by the competition with

other dominant ant species such as *Pheidole megacephala*. Compared with data of “*Anoplolepis gracilipes* management program 2021 in Shoushan National Nature Park by using artificial ant nests”, the number of *A. gracilipes* individuals in each month of 2022 was lower than that of 2021. This phenomenon demonstrated that application of both liquid bait and granular insect growth regulator bait are effective in suppressing the number of ant workers. Based on the results of behavioral experiments, different ant nests in Qihoushan areas belong to the same population, where regional supercolony was formed. By contrast, ant nests in military areas all belong to different colonies, while ant nests or populations in Banpingshan areas can be divided into two groups. It is worth mentioning that some ant nests among military areas, Banpingshan, and Qihoushan belong to the same population, and this phenomenon might due to the human-mediated long-distance transfer. In the future, it is recommended to continue the control and monitoring operations in Qihoushan areas, while continue the monitoring operation and removal of artificial ant nests in both Banpingshan and military areas.

Keywords: *Anoplolepis gracilipes*, land crabs, exotic species, supercolonies

目錄

壹、計畫主旨	1
一、主題	1
二、緣起	1
三、計畫目標	2
貳、計畫主題背景及有關文獻之檢討	3
一、外來入侵螞蟻 — 長腳捷蟻	3
二、長腳捷蟻的生態危害	5
三、長腳捷蟻的調查與防治	6
參、研究方法與過程	9
一、計畫執行範圍與內容	9
二、防治執行方法	10
三、監測與統計方式	10
四、蟻巢誘引盒防治與評估	11
五、長腳捷蟻的超級群落範圍	11
六、樣區林分鬱閉度測量與分析	12
肆、結果與討論	13
一、全區長腳捷蟻誘集與餌劑防治進度	13
二、旗後山樣區防治與監測結果	13
三、半屏山樣區監測結果	20
四、軍區樣區監測結果	24
五、長腳捷蟻的超級群落範圍	28
伍、總結與建議	32
陸、參考文獻	36
柒、附錄	39
一、旗後山防治照片	39
二、旗後山樣區因步道維修遭封鎖與破壞照片	40
三、軍區哨點建築與樣區環境中長腳捷蟻狀況	41
四、地面型誘集裝置所誘集到各種螞蟻	42
五、長腳捷蟻攻擊昆蟲、陸蟹以及人工蟻巢中其他節肢動物屍體	43

六、旗後山、半屏山與軍區樣區地面型誘集裝置與人工誘引盒誘集點經緯度位置	44
七、旗後山、半屏山、軍區的地面型誘集裝置誘集長腳捷蟻的樣點數與個體數.....	45
八、工作計畫書審查意見回復	46
九、期中報告書審查意見回復	51
十、期末報告書審查意見回復	55

圖目錄

圖一 長腳捷蟻 (<i>Anoplolepis gracilipes</i>) 工蟻	3
圖二 長腳捷蟻分布於世界各地區的現況	4
圖三 長腳捷蟻 (a)蟻后 (b)生殖型工蟻 (c) 一般工蟻	5
圖四 壽山國家自然公園長腳捷蟻調查樣區位置	9
圖五 地面型誘集裝置所誘集到不同密度程度的長腳捷蟻	10
圖六 長腳捷蟻人工蟻巢誘引盒裝置(左)與盒內的長腳捷蟻(右)	11
圖七 壽山國家自然公園旗後山樣區的環境照與10個監測點位與移動後位置	13
圖八 111年2月至11月旗後山樣區的長腳捷蟻誘餌誘集分布狀況	15
圖九 111年2月至11月旗後山樣區使用地面型誘集裝置誘集長腳捷蟻各分級與其他 螞蟻樣點數百分比	16
圖十 110年(上)與111年(下)1月至11月旗後山樣區以蟻巢誘引盒誘集長腳捷蟻巢 數、巢內蟻后和工蟻數趨勢圖	19
圖十一 壽山國家自然公園半屏山樣區的環境照與20個監測點位	20
圖十二 111年2月至11月半屏山樣區長腳捷蟻分布狀況	22
圖十三 111年2月至11月半屏山樣區使用地面型誘集裝置誘集長腳捷蟻各分級(上) 與其他螞蟻樣點數(下)百分比	23
圖十四 壽山國家自然公園軍區樣區的環境照與10個監測點位	24
圖十五 111年3月至11月軍區樣區長腳捷蟻分布狀況	26
圖十六 111年3月至11月軍區樣區使用地面型誘集裝置誘集長腳捷蟻各分級(上)與 其他螞蟻樣點數(下)百分比	27
圖十七 攻擊行為試驗各調查樣區中長腳捷蟻巢的採樣位置圖，藍色圈點為調查 樣區位置，而紅色圈點為蟻巢位置	29
圖十八 各調查樣區林分鬱閉度 (crown density) 與長腳捷蟻監測點出現比 例	32

表目錄

表一	111年度2月至10月旗後山樣區各月份以人工蟻巢誘引盒誘集之長腳捷蟻蟻巢數與各階級職蟻數	17
表二	各樣區中不同蟻巢之間的攻擊行為分數等級結果	30
表三	不同樣區中不同蟻巢的工蟻個體之間的攻擊行為分數等級結果	31

壹、計畫主旨

一、主題

壽山國家自然公園擁有豐富的陸蟹生態資源，但近年研究發現被列名百大入侵生物的長腳捷蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 已進入園區並出現於陸蟹棲地 (林 2018)，有鑑於外來種長腳捷蟻在澳洲聖誕島與多處太平洋島嶼等地，對於當地陸蟹造成嚴重的生態危害，因此有其必要針對長腳捷蟻在壽山國家自然公園區的入侵分布的情況作全面性的瞭解，並進行防治措施。在 110 年度「壽山國家自然公園長腳捷蟻人工誘引盒防治計畫」中，發現長腳捷蟻在壽山國家自然公園園區內主要的陸蟹分布熱區 (旗後山) 已經出現有較高族群數量的分布，有形成的超級群落 (supercolony) 的現象，成為當地陸蟹族群非常大的威脅。參考澳洲政府曾對於聖誕島上長腳捷蟻超級群落進行較大範圍的餌劑施撒與夏威夷於強斯頓環礁以凝膠餌劑防治的策略，這些餌劑防治措施均有達到抑制長腳捷蟻超級群落族群數量成效的目的。因此，本年度針對陸蟹主要熱點區域 (旗後山) 進行較大範圍的餌劑防治施撒作業，控制長腳捷蟻超級族落的族群密度擴展，以降低對於陸蟹的威脅。並以液態餌站與人工蟻巢誘引盒方法來監控防治樣區內長腳捷蟻的族群動態，了解施灑防治餌劑的防治成效，並進行各樣區長腳捷蟻的超級群落行為實驗，評估長期壽山國家自然公園區內長腳捷蟻族群的防治策略及建議。

二、緣起

壽山國家自然公園西臨海洋，具有特殊的高位珊瑚礁地形，過去許多區域亦屬於軍事管制區。在特殊地形及長期的軍事管制雙重因子下，人為開發利用受限，多數海岸線及海岸林尚未遭受嚴重破壞，園區範圍內干擾相對較少野生動物繁多，自然資源保存完整。園區範圍涵蓋壽山、半屏山、旗後山、大小龜山及左營舊城，其中壽山及旗後山鄰近海岸，半屏山有半屏湖濕地，大小龜山及壽山有土壤較為鬆軟潮濕之地或山溝，皆為陸蟹潛在生存地點，過去觀察不乏蟹類且擁

有豐富的蟹類多樣性。且許多森林環境及蟹類棲地較少有因道路切割影響陸蟹繁殖之情形，提供其抱卵釋幼及棲息的良好場所。尤以馬卡道澤蟹 (*Geothelphusa makatao*) 為明星物種，因其為僅分布在壽山國家自然公園地區的特有種。然而近年發現影響陸蟹生存的長腳捷蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 已進入陸蟹棲地，對壽山陸蟹族群數量造成莫大的影響。因此，有必要在園區長腳捷蟻超級群落嚴重危害陸蟹的地區更積極地執行防治工作，以免對陸蟹生態造成難以恢復的傷害。

本年計畫針對陸蟹主要熱點區域 (旗後山海岸林、北壽山軍事管制區、半屏山區) 以誘餌誘集調查長腳捷蟻的分布狀況與危害程度評估；另於旗後山海岸林進行液態餌劑與昆蟲生長調節劑型餌劑防治施撒作業，以控制長腳捷蟻超級族落的族群密度，並監控防治樣區內長腳捷蟻的族群動態，瞭解施灑防治餌劑的防治成效，以評估長期壽山國家自然公園區內長腳捷蟻族群的防治策略及建議。

三、計畫目標

- (1) 針對園區旗後山後山陸蟹主要熱點區域進行長腳捷蟻的液態餌劑與昆蟲生長調節劑型餌劑防治，並用誘餌誘集法調查其防治成效
- (2) 於北壽山軍事管制區、半屏山區用誘餌誘集調查長腳捷蟻的分布狀況與危害程度。
- (3) 評估中長期壽山國家自然公園內長腳捷蟻族群的防治策略及建議。

貳、計畫主題背景及有關文獻之檢討

一、外來入侵螞蟻 — 長腳捷蟻

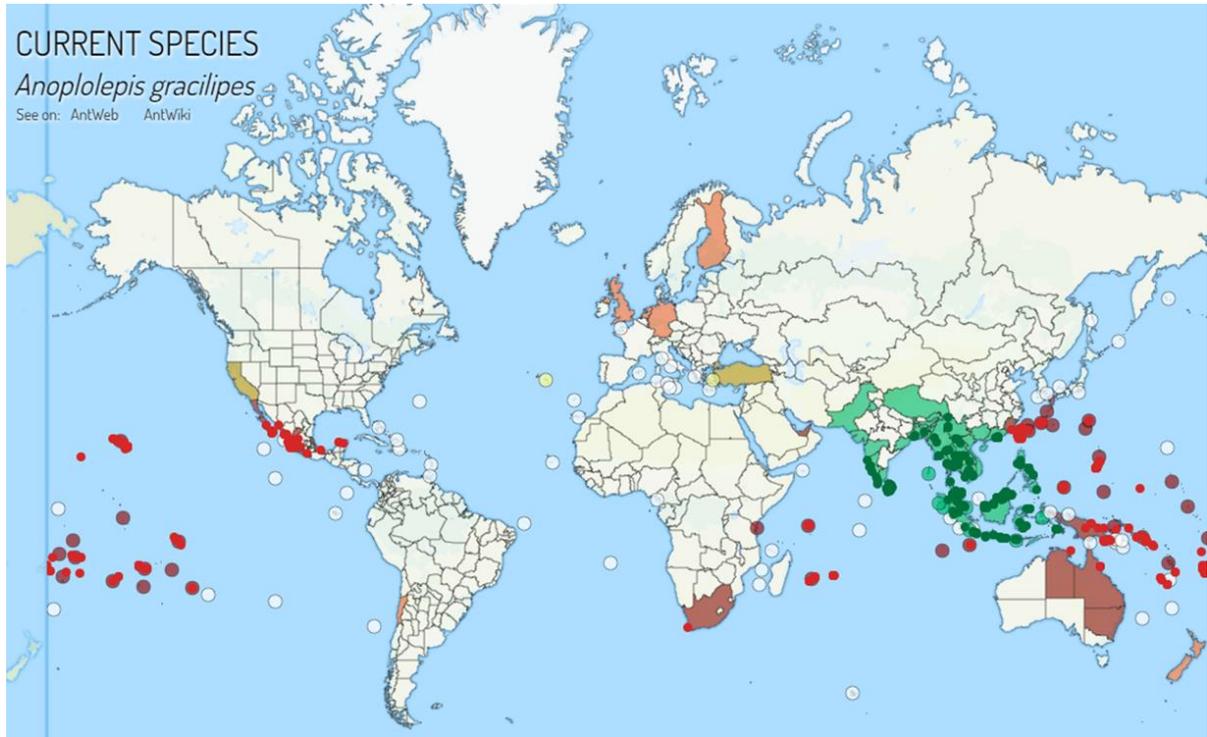
長腳捷蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) (圖一) 俗稱黃狂蟻 (yellow crazy ant) 隸屬於蟻科 (Formicidae)、山蟻亞科 (Formicinae)、捷山蟻屬 (*Anoplolepis*)，目前研究資料顯示長腳捷蟻應該起源自南亞 (中南半島與印度) 的螞蟻種類，但已經長期因為人類的經濟活動擴散至全世界各地區 (包括台灣)，並在入侵地區造成相當程度的生態危害，這些危害區域包括亞洲、澳洲、印度洋島嶼、太平洋島嶼與加勒比海島嶼等地區 (Holway *et al.*, 2002) (圖二)，最受到關注的例子為長腳捷蟻對於聖誕島的原生森林 (CBD, 2003) 以及聖誕島上原生紅蟹 (*Gecarcoidea natalis*) 族群之生存造成嚴重衝擊 (O'Dowd *et al.*, 2003)。

長腳捷蟻已是被確定為重要的入侵有害螞蟻，根據 Global Invasive Species Database (全球入侵種資料庫) 中有 5 個螞蟻種類被列入「世界百大最嚴重入侵生物」：阿根廷蟻 (*Linepithema humile*)、熱帶大頭家蟻 (*Pheidole megacephala*)、長腳捷蟻 (*Anoplolepis gracilipes*)、小火蟻 (*Wasmannia auropunctata*) 與入侵紅火蟻 (*Solenopsis invicta*) (Lowe, 2000)，這些螞蟻在入侵地已成為高度破壞性的入侵者。其中阿根廷蟻 (*Linepithema humile*) 與長腳捷蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 均因為在入侵的地區形成龐大超級群落 (supercolony)，而造成地當地生態環境極大的衝擊。



圖一 長腳捷蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 工蟻。

長腳捷蟻是屬於多蟻后的族群，一個巢內可能會有兩隻以上的蟻后，屬多蟻后型的群落結構，由數百至數千隻個體所組成，在一些入侵地區甚至會形成數萬隻以上的超級群落 (supercolony)。長腳捷蟻常築巢於表土層、落葉層、植物根部與枝幹裂縫空隙 (如：棕櫚葉基部)、附生植物或他種動物洞穴 (如：螃蟹洞穴)。



圖二 長腳捷蟻分布於世界各地區的現況 (綠色為原棲地，其他顏色為入侵地)(AntMaps, 2022)。

長腳捷蟻蟻后體長約為 1.2 公分 (圖三)，工蟻階級屬於單態型的中小型蟻類，無兵蟻階級；工蟻體長約為 0.5 公分，體色淡黃褐色，腹部體色較深具褐色環節，足細長，行動敏捷，長腳捷蟻工蟻依據腹部型態及卵巢發育狀態，可將工蟻分為生殖型工蟻以及一般工蟻兩個分工階級 (圖三)。一般工蟻負責餵養其他階級的蟻、築巢、覓食、守衛、禦敵；而生殖型工蟻負責照顧蟻后、餵養幼蟲且有具豐富脂肪組織膨大腹部，且有較一般工蟻擁有數量更多的發育卵巢，可以產生營養卵，大部分時間都與蟻后待在巢內 (Lee *et al.*, 2017)。



圖三 長腳捷蟻 (a)蟻后 (b)生殖型工蟻 (c) 一般工蟻。

長腳捷蟻食性廣泛，此廣食性的覓食特性，增加長腳捷蟻的入侵能力，長腳捷蟻能從現有環境的資源中取得多樣的營養資源，包括植物種子，植物花蜜與花外蜜腺、節肢動物及半翅目昆蟲蜜露等 (Holway *et al.*, 2002; Ness and Bronstein 2004)。長腳捷蟻也會捕食地面或樹棲的無脊椎動物，例如等足類、多足類、軟體動物、蜘蛛類、昆蟲與陸蟹等。長腳捷蟻在一些入侵的島嶼上會藉由噴灑蟻酸獵捕或者殺死無脊椎獵物甚至小型脊椎動物，以獲得蟻后生殖時所需要大量蛋白質 (O'Dowd *et al.*, 1999)。Chong and Lee (2009) 研究顯示長腳捷蟻全天均有覓食個體活動，但覓食活動與環境因子中的光照較無顯著關係，但受到溫度與濕度的影響，覓食活動溫度在 26~30°C 與相對溼度在 68~92% 間覓食活動量較為頻繁。長腳捷蟻常出現在受人為干擾的森林邊緣、農業環境與都市環境 (Ness and Bronstein, 2004)，但在許多入侵地區 (印度洋的聖誕島) 長腳捷蟻也能隨著族群的擴展而入侵到較未受人為干擾的草原森林甚至雨林地區 (O'Dowd *et al.*, 1999)。

二、長腳捷蟻的生態危害

近年來許多研究發現源自非洲西部的長腳捷蟻已經隨著人為的途徑被引入了世界其他熱帶與亞熱帶的地區，尤其在封閉的海島生態環境，長腳捷蟻的入侵嚴重的破壞了本土生態系統，這樣的生態問題已在夏威夷、塞錫爾群島與桑吉巴等海島地區被研究揭露。許多入侵螞蟻都具有一些較特殊的生物特性，比如在入侵地的族群會傾向於形成多蟻后和廣泛範圍的超級群落 (Holway *et al.*, 2002)。在

超級群落裡，來自不同巢穴的工蟻個體彼此間並沒有明顯的互相攻擊行為（減少領土防禦的代價），從而增加工蟻個體的密度，並加強其物種間的競爭能力。在長腳捷蟻的入侵地裡，超級群落的形成並不罕見（Abbott 2005, 2006; Drescher *et al.*, 2007）。以聖誕島為例，長腳捷蟻於 1915 年到 1934 年入侵該島，但長時間以來維持較低的族群密度，但直到 1989 年才第一次檢測到超級群落的形成（O'Dowd *et al.*, 1999）；隨後族群快速增長並達到極高的密度（每平方公尺高達 2254 覓食螞蟻的個體）（Green *et al.*, 2004），在 2002 年 9 月占地約一萬公頃的熱帶雨林約有 28% 被長腳捷蟻所佔領，在這些形成超級群落的螞蟻通常會在林地環境覓食，而長腳捷蟻的密度足以在 24 小時內殺死紅蟹，長腳捷蟻並對島上紅蟹造成嚴重的衝擊，在短短幾年的時間裡，幾乎三分之一的紅色陸蟹族群被長腳捷蟻消滅（O'Dowd *et al.*, 2003）。長腳捷蟻會殺害休憩在洞穴裡的陸蟹，霸佔並使用洞穴為其巢穴。聖誕島上長腳捷蟻危害的另一個案例是，長腳捷蟻會飼養、保護吸植物汁液的刺吸式昆蟲（半翅目昆蟲為主），進而損害這些原始森林。長腳捷蟻和產生蜜露昆蟲具有密切共生關係，此關係加劇對各營養階層的影響，並間接影響雨林的生態系統。長腳捷蟻也會取食或干擾森林底層與頂層的多種節肢動物、爬蟲動物、鳥與哺乳動物的繁殖，科學家擔心一些瀕臨絕種的保育類鳥類，將無處築巢，最後由於棲地變更與螞蟻直接的攻擊而消失。在塞錫爾群島的棕櫚森林裡，長腳捷蟻於入侵範圍內，造成原生樹棲性生物族群（壁虎與蝸牛）的數量降低，甚至絕滅（Kaiser-Bunbury *et al.*, 2014）。

三、長腳捷蟻的調查與防治

長腳捷蟻入調查偵測方法多以卡片計數法（card counts）與誘餌誘集法（液態的蔗糖溶液或固態的罐頭鮪魚），作為調查長腳捷蟻入侵面積及密度的方法（O'Dowd *et al.*, 2003, Abbott *et al.*, 2005, Hoffmann *et al.*, 2014）。長腳捷蟻具有嗜糖和偏好液體食物的行為（Chong 2008），參考以往年度在墾丁國家公園的「106 年

度墾丁國家公園長腳捷蟻入侵狀況調查與防治策略研擬」、「106 年度港口地區長腳捷蟻調查」、「107 年度墾丁國家公園長腳捷蟻監測與防治計畫」及「108 年度墾丁國家公園長腳捷蟻防治監測成效評估計畫」，以及壽山國家自然公園 109 年度計畫「壽山國家自然公園長腳捷蟻調查計畫」和 110 年度計畫「壽山國家自然公園長腳捷蟻人工誘引盒防治計畫」的計畫中以液態餌劑 (10% w/v 蔗糖溶液) 誘餌誘集法做為調查長腳捷蟻入侵面積及密度的方法，本年度也以此調查方法以累積長期調查資料。

在聖誕島上對於長腳捷蟻的防治上，當地政府機構目前是使用含 0.001% - 0.01% 芬普尼的固態餌劑（每公頃施用 4 公斤），並以直升機與人力於發生區域內均勻撒佈固態餌劑，分別於 2002 年施灑防治面積為 2,500 公頃、2009 年 1,000 公頃及 2011 年 1,000 公頃面積範圍 (Green *et al.*, 2009, Boland *et al.*, 2011)。撒佈固態餌劑防治成果顯示在施撒固態餌劑的四星期後，可明顯看出防治效果，長腳捷蟻的活動降低超過 90%。但在防治區內長腳捷蟻的族群仍存在，只是數量與活動明顯降低。在環境中適合長腳捷蟻族群發展的因素未減少，當防治效果降低後，長腳捷蟻族群數量則是會再逐漸恢復。若要長腳捷蟻危害的面積與族群數量控制在一定範圍下，固態餌劑的防治策略仍需長腳捷蟻的族群在擴展時需要持續施藥 (Maple *et al.*, 2016)。除了化學防治以外，研究顯示如果通過管理並減低環境中的蔗糖來源（尤其是產蜜昆蟲族群）的方式，是可能減少長腳捷蟻的族群數量與危害性。

在聖誕島長腳捷蟻的防治上，長腳捷蟻的生物防治法目前也有進行評估，研究發現長腳捷蟻會自 1990 年以後大量發生可能與聖誕島環境中有大量能產生蜜露的外來介殼蟲入侵有關，因為偏好取食蜜露的長腳捷蟻因自環境中大量爆發的介殼蟲，獲得大量的食物資源擴展族群發展成超級群落，進而危害到陸蟹的族群；因此在評估無法在保護區內持續施撒大量防治餌劑的管理政策下，而發展引進入來的生物防治天敵（寄生蜂）來防治外來介殼蟲以間接控制長腳捷蟻的族群發展

(Maple *et al.*, 2016)。

夏威夷群島被長腳捷蟻危害數十年，強斯頓環礁於 2010 年發現長腳捷蟻超級群落造成於地面築巢海鳥的極大威脅，美國漁業野生物管理局(USFWS) 啟動長腳捷蟻防治計畫，2017 年起於 28 公頃地區使用凝膠餌劑 (硼酸) 和其他技術防治長腳捷蟻，並以偵測犬搜尋。2021 年 6 月 USFWA 宣布已將長腳捷蟻於區域內達 95%防治率且已 13 周沒有監測到長腳捷蟻逐漸達到滅絕的目標，但實際監控仍需延續 3-5 年。

而壽山國家自然公園區內長腳捷蟻爆發形成超級群落的原因是否與聖誕島的案例相似仍需進一步釐清，但在希望有效且長期穩定控制壽山國家自然公園區內長腳捷蟻的族群密度，有效的綜合防治策略是需要被建立，防治策略應包括餌劑防治、生物防治、物理防治等面向都應被考量。

參、研究方法與過程

一、計畫執行範圍與內容

本計畫延續 109 年度「壽山國家自然公園長腳捷蟻調查計畫」和 110 年度「壽山國家自然公園長腳捷蟻人工誘引盒防治計畫」，在半屏山、北壽山軍事管制區(之後簡稱軍區)、旗後山各設立 20、10、10 個長腳捷蟻誘餌監測點(圖四)，每個監測點距離約 100 公尺，監測方法為在各個監測中放置裝有 30ml 濃度 10%(w/v) 蔗糖溶液的餌站，放置時間設定於誘餌後約 30 分鐘左右後取回餌站，並以拍照方式記錄於液態餌站台上的覓食螞蟻，調查長腳捷蟻的分布範圍與監測旗後山的防治成效。並於三個樣區出現長腳捷蟻的區域採集工蟻進行工蟻個體之間的攻擊行為，測試園區內的長腳捷蟻族群是否有形成超級群落的現象。

同時在旗後山進行液態餌劑與昆蟲生長調節劑型餌劑防治，並設置 10 個長腳捷蟻誘引盒監測點，每個監測點距離約 100 公尺以上，並各放置 2 個人工誘引盒，共 20 個人工誘引盒，於每個月取出誘引盒內的各階級職蟻，並於監測點執行誘餌誘集法以監控長腳捷蟻族群動態變化。



圖四 壽山國家自然公園長腳捷蟻調查樣區位置。

二、防治執行方法

本計畫於旗後山的長腳捷蟻危害嚴重區域進行較全面性的液態餌劑與昆蟲生長調節劑型餌劑施撒。液態防治低毒性液態餌劑的餌劑組成為 10% (w/v) 蔗糖水濃度混合 2% w/v 硼砂 (四硼酸鈉 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)，硼砂為低毒性的胃毒劑，會破壞螞蟻的消化系統達到殺蟻的效果。生長調節劑型餌劑則使用百利普芬 (0.5% w/w) 與美賜平 (0.5% w/w)，百利普芬的效果為抑制蟲卵孵化及幼蟲脫皮，效果於 1~3 個月顯現；美賜平為抑制昆蟲幼蟲變態成熟，效果於 2~6 個月顯現。餌劑防治主要範圍為旗後山海岸林 (約 1 公頃)，用固態或液態撒佈器將餌劑均勻噴灑於長腳捷蟻族群密集處。

本年度於旗後山樣區進行六次的餌劑防治作業，防治時間為 111 年 4 至 9 月，防治藥劑包含共六次的硼砂液態餌劑 (15 公升/公頃)、百利普芬固態餌劑 (4 公斤/公頃) 三次及美賜平固態餌劑 (4 公斤/公頃) 三次，而人工蟻巢誘引盒則是進行一個月一次的回收。

三、監測與統計方式

長腳捷蟻取食密度級數評估，以液態餌站在設置 30 分鐘左右誘引長腳捷蟻數量為標準(圖五)，並以長腳捷蟻數量為密度級數分級 (第 0 級/無：餌站無長腳捷蟻、第 1 級/輕度密度：餌站 5 隻以下長腳捷蟻、第 2 級/中度密度：餌站 6~20 隻長腳捷蟻、第 3 級/中高度密度：餌站 21~50 隻長腳捷蟻、第 4 級/高度密度：餌站 51~100 隻長腳捷蟻、第 5 級/嚴重密度：餌站超過 100 隻長腳捷蟻)。



圖五 地面型誘集裝置所誘集到不同密度程度的長腳捷蟻
(由左至右分別為密度程度一級至五級)。

四、蟻巢誘引盒防治與評估

依照長腳捷蟻的行為生態習性：多蟻后 (polygyny)、多蟻巢 (polydomy) 及無固定蟻巢常築巢於環境空隙等，設計人工蟻巢誘引盒 (Artificial Ant colony trap box) (圖六) 裝置，除可利用於環境中長腳捷蟻超級群落的族群監控，也有可直接自環境中移除生殖蟻巢 (內具有蟻后) 的防治效果。將人工蟻巢誘引盒放置於長腳捷蟻防治樣區中的落葉層或是樹下，並於每個月後檢查蟻巢誘引盒中是否有長腳捷蟻進駐，若有則將蟻巢誘引盒內中的螞蟻帶回實驗室冷藏(圖六)，計算蟻巢內長腳捷蟻的各階級的個體數量，評估當季的長腳捷蟻族群狀況。



圖六 長腳捷蟻人工蟻巢誘引盒裝置(左)與盒內的長腳捷蟻(右)。

五、長腳捷蟻的超級群落範圍

通過蟻巢間個體攻擊行為試驗 (Intraspecific aggression assay) 來探討各樣區內 (旗後山、軍區、半屏山) 的長腳捷蟻族群是否有形成超級群落的現象。於各樣區內各別採集 3 至 5 個長腳捷蟻的蟻巢，蟻巢之間距離至少超過 30 公尺以上。於研究室中，對採集到的蟻巢進行了樣區內 (同一樣區內的不同蟻巢) 和樣區間的攻擊行為試驗 (旗後山、半屏山和軍區的蟻巢)。樣區間的實驗組合數量取決於樣區內的試驗結果。攻擊行為試驗是採用不同蟻巢的工蟻進行一對一的行為觀察：將兩隻工蟻放置圓形塑料容器 (內直徑 5.8 公分) 裡，並觀察十分鐘內兩隻螞蟻之間的互動行為。工蟻雙方的行為會以 Suarez *et al.* (1999) 的分級進行量化，並記錄當中得分最高的行為。量化攻擊行為分數等級如下：

「0 分」忽略 (Ignore): 沒有螞蟻表現出明顯的身體接觸

「1 分」觸角碰觸 (Antennation): 較長時間的觸角相觸碰、或以觸角在另一隻螞蟻的某處重複敲擊

「2 分」回避 (Avoidance): 螞蟻在接觸另一方後快速向相反方向後退

「3 分」攻擊 (Aggression): 明顯的咬或拉扯四肢的行為，或釋放蟻酸

「4 分」戰鬥 (Fight): 持續攻擊，一方往往咬著另一方的身體不放

每一組合試驗重複 10 次(工蟻個體不會重複使用)，並以平均值作為該組合互動行為的得分。2 分以上的行為得分屬於有攻擊性行為，因此平均值 2 分以上認為兩隻試驗螞蟻屬於不同蟻群，2 分以下則認為兩隻試驗螞蟻屬於相同蟻群。之後利用套裝軟體 SPSS Statistics 20.0 進行無母數 K 組獨立樣本分析 (Kruskal-Wallis test)，比較各組合的螞蟻個體之間(同一樣區的蟻巢之間)的行為得分是否有顯著差異，再以 Dunn's test 進行事後檢定。

六、樣區林分鬱閉度測量與分析

於每月於各調查樣區調查各調查樣點進行林分鬱閉度的拍照，於固定地點利用數位相機垂直向上攝影以獲得林冠數據利用 Arc View GIS 的圖像自動分類、概算與圖形自動面積計算功能換算圖片中林冠層面積與整體圖片面積比例之方式，以計算林分鬱閉度。

肆、結果與討論

一、全區長腳捷蟻誘集與餌劑防治進度

本計畫於 111 年 2 月開始進行旗後山、半屏山以及軍區的長腳捷蟻取食密度調查以及旗後山的人工誘引盒防治，並於 4 月開始行旗後山樣區的長腳捷蟻餌劑防治，目前已完成監測 2 月至 11 月共 10 個月份（軍區從 3 月開始調查至 11 月），以及進行 4 月至 9 月共 6 次液態餌劑與生長調節劑防治作業（附錄一）。

二、旗後山樣區防治與監測結果

旗後山樣區 10 個監測點至 2 月開始已實施 10 月個月之監測，於 4 月開始已進行 6 個月之液態餌劑防治，並施撒百利普芬於 4 月、6 月、8 月，施撒美賜平於 5 月、7 月、9 月，施撒防治範圍約 1 公頃，施藥地點包含防風林、人行步道周邊、珊瑚礁岩周遭的長腳捷蟻聚集處。但由於 111 年高雄市政府進行星光隧道與馬雅哥步道的施工，旗後山樣區的南邊木棧道於 3 月至 7 月進行修整與封閉，因此在 4 月至 8 月中該區域之點位有 4 個進行位置調整，移動至樣區北部接近碼頭區（如圖七），8 月之後則將點位調整回原本之位置。

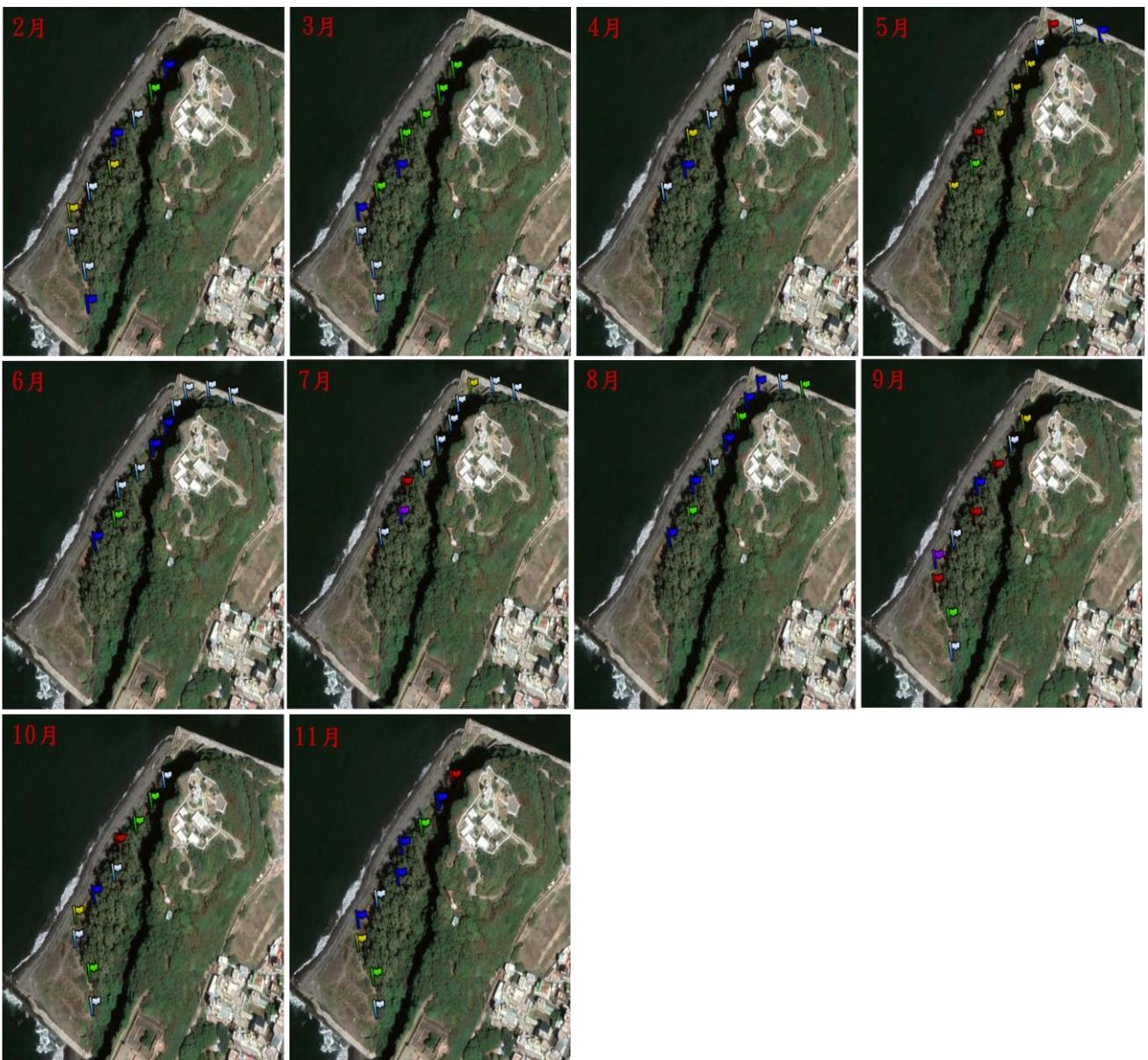


圖七 壽山國家自然公園旗後山樣區的環境照與 10 個監測點位與移動後位置。

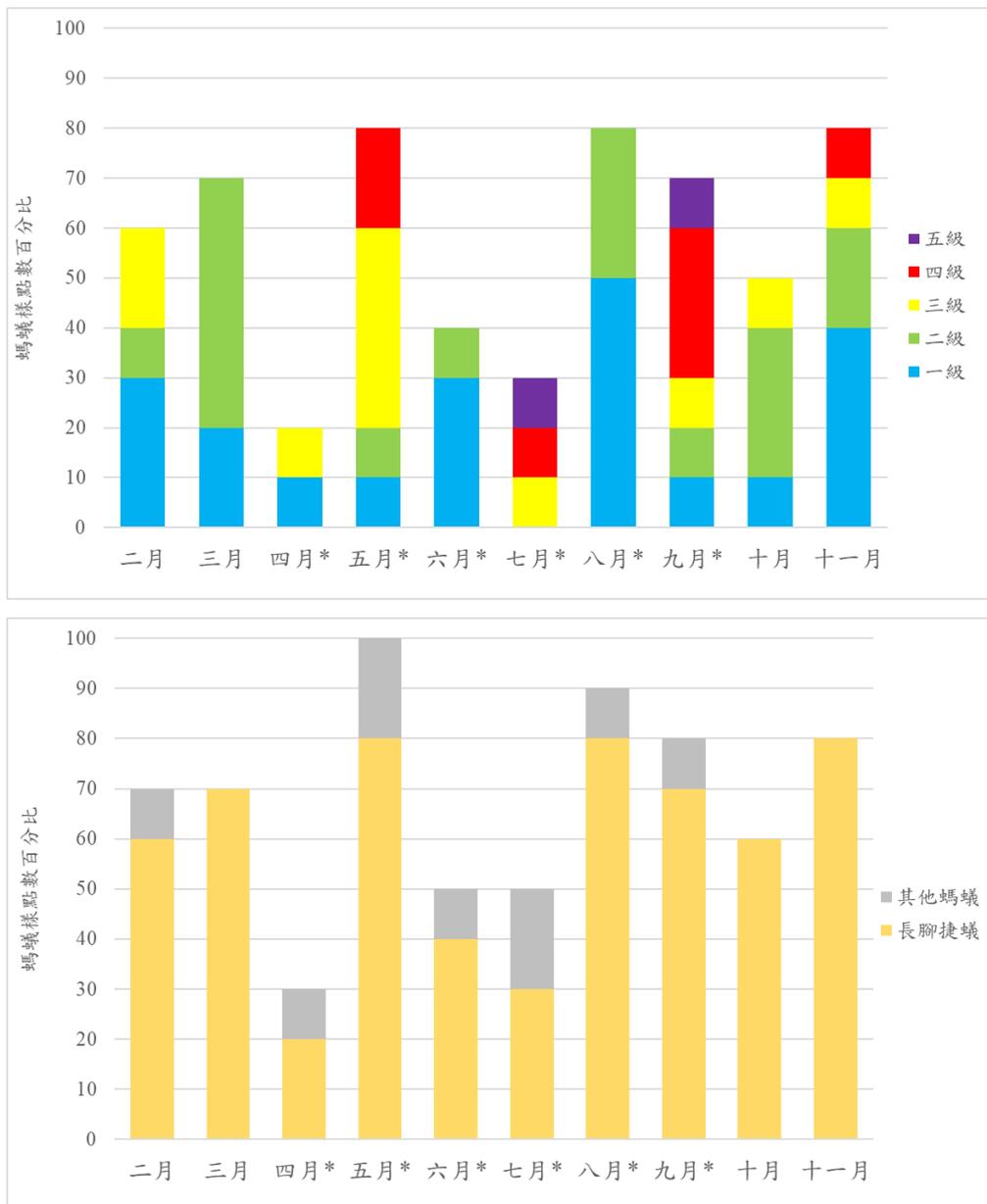
111 年 2 月至 11 月旗後山樣區之監測結果如圖八所示，長腳捷蟻在 2 月時分布於 6 個點位，其中 3 個點位為輕度、1 個點位為中度、2 個點位為中高度；3 月時分布於 7 個點位，其中 2 個點位為輕度、5 個點位為中度；經過移動點位後，4 月時分布於 2 個點位，1 個點位為輕度、1 個點位為中高度，移動至樣區北部的 4 個監測點沒有長腳捷蟻出現；5 月時分布於 8 個點位，1 個點位為輕度、1 個點位為中度、4 個點位為中高度，並且開始出現高度密集區，出現在樣區中部的木麻黃防風林，移動至樣區北部的 4 個監測點也有長腳捷蟻出現。在 5 月的調查中，研究人員發現樣區中部的海岸防風林有修剪之跡象（如附錄二），多處樹木皆被移除，且長腳捷蟻的取食分布有向北移動之趨勢。6 月時分布於 4 個點位，3 個點位為輕度、1 個點位為中度。7 月時分布於 3 個點位，1 個點位為輕度、1 個點位為中度、1 個點位為高度；8 月時分布於 8 個點位，5 個點位為輕度、3 個點位為中度；將點位移回之後；9 月共分布 7 個點位，其中移回的 4 個點位有 3 個出現長腳捷蟻；10 月時分布於 8 個點位，1 個點位為輕度、1 個點位為中度、1 個點位為中高度、4 個點位為高度，1 個點位為嚴重密度，移回的 4 個點位有 2 個出現長腳捷蟻；11 月共分布 8 個點位，4 個點位為輕度、2 個點位為中度、1 個點位為中高度，1 個點位為高度，移回的 4 個點位有 3 個出現長腳捷蟻。

在地面型誘集裝置的資料中(圖九)，2 月至 11 月旗後山誘集到的螞蟻種類共 5 種，包含長腳捷蟻共 59 個樣點、日本皺家蟻 (*Tetramorium nipponense*) 共 4 個樣點、褐大頭家蟻 (*Pheidole parva*) 共 3 個樣點、中華單家蟻 (*Monomorium chinense*) 共 1 個樣點和花居單家蟻 (*Monomorium floricola*) 共 1 個樣點。長腳捷蟻誘集的比例均遠高於其他種類螞蟻，整體比例長腳捷蟻佔 87%，其他種類螞蟻佔 13%。以月份分別討論，其中長腳捷蟻佔比最高為 5 月、8 月和 11 月可達到 80%，其中 3 月和 10 月則只有誘集到長腳捷蟻，無其他螞蟻出現。其他種類螞蟻的比例在各月份皆在 20% 以下，以日本皺家蟻 (*Tetramorium nipponense*) 為較常見物種 (附錄四)，顯示長腳捷蟻在旗後山樣區是較有取食優勢的螞蟻種類。

旗後山調查樣區在三調查樣區中的林分鬱閉度 (crown density) 較低平均為 $9.7 \pm 2.8\%$ 顯示此樣區的林相要開闊破碎，是長腳捷蟻適合的棲息環境。上述結果也顯示長腳捷蟻族群廣泛分布於旗後山調查樣區，其中長腳捷蟻分布較密集區域為樣區中部的木麻黃防風林步道周邊區域，但在 5 月中防風林的破壞會影響到長腳捷蟻棲息區。而樣區南部的 4 個點位，在木棧道的修整後 8 月、9 月的長較捷蟻樣點數較修整前的 2、3 月增加，顯示木棧道的修整會使長腳捷蟻的分布向周邊擴散，且對其他種類螞蟻有相當大的取食競爭壓力。



圖八 111 年 2 月至 11 月旗後山樣區的長腳捷蟻誘餌誘集分布狀況 (白：無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重)。



圖九 111年2月至11月旗後山樣區使用地面型誘集裝置誘集長腳捷蟻各分級(上)與其他螞蟻樣點數百分比(下)(*為餌劑防治月份)。

旗後山樣區人工蟻巢誘引盒誘集結果如表一與圖十所示，1月至11月中，人工蟻巢誘引盒共誘集到70巢蟻巢、348隻蟻后，以及總數約為130,557隻工蟻。在10個月份中，以11月採集到的蟻巢數最多為13巢(65%)，以9月的工蟻數量為最多24,262隻，6月的蟻后數為最多79隻，而10月的平均工蟻數為最多3,166隻。

在各月份的工蟻、蟻后和蟻巢個體數趨勢圖中(表一)，2月和3月蟻巢和工蟻數相似，3月蟻后數有稍微升高；在移動點位後，4月的蟻巢和蟻后數有下降，但工蟻個體數上升；5月的工蟻數和蟻巢數有明顯下降；6月蟻巢數、蟻后和工蟻數大幅上升；7月時蟻后和蟻巢數有下降，工蟻則是大幅下降；8月時蟻后數有下降，但是工蟻和蟻巢數有上升趨勢；9月蟻后數下降，但是工蟻數蟻巢數持續上升，其中工蟻個體數達到年度最高；10月時蟻巢數、工蟻數和蟻后數皆有下降趨勢，但在11月工蟻數量和蟻后數量都上升。

本年度自4月至9月於旗後山樣區進行6次的餌劑防治作業，在液態餌劑與生長調節劑防治月份中，配合蟻巢監測結果顯示開始施藥後5月和7月的工蟻個體有下降趨勢，在7月和9月有降低蟻后數量。而美賜平和液態餌劑配合使用後，在6月的效果不明顯，8月的蟻后數有下降但工蟻有上升趨勢，10月則是工蟻和蟻后數有下降，但是11月上升。較110年的資料比，111年相同月份的長腳捷蟻明顯較110年低，顯示施灑液態餌劑與生長調節劑對降低工蟻數有效果，其中百利普芬配合液態餌劑的防治效果較美賜平配合液態餌劑好。

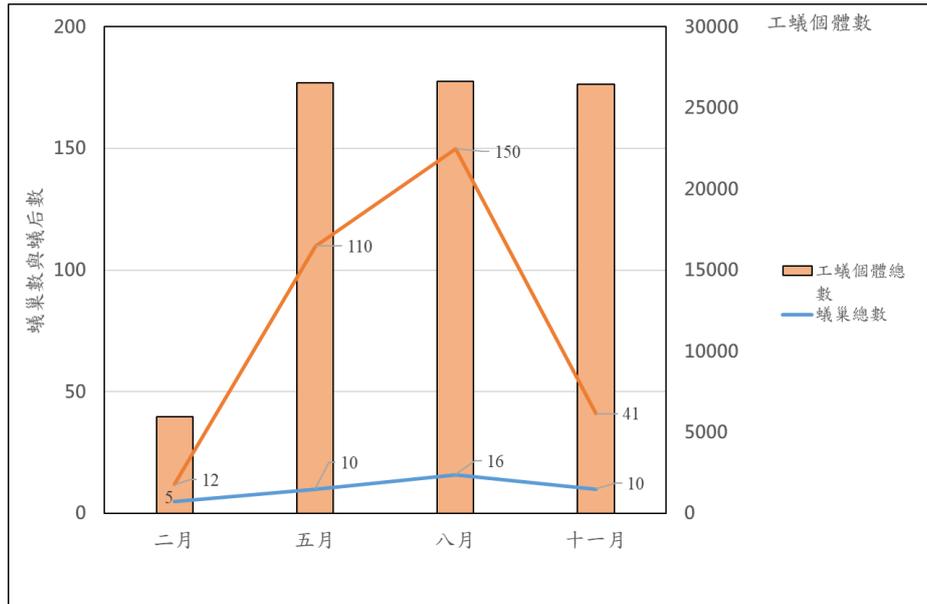
表一 111年度1月至11月旗後山樣區各月份以人工蟻巢誘引盒誘集之長腳捷蟻蟻巢數與各階級職蟻數。

年/月	111/1	111/2	111/3	111/4	111/5	111/6	111/7	111/8	111/9	111/10	111/11	總和
蟻巢數	3	6	5	4	2	9	6	7	10	5	13	70
蟻后總數	2	4	11	8	9	79	70	48	41	26	50	348
工蟻重量(g)	10.06	13.51	13.68	16.58	8.72	41.91	18.48	30.31	55.80	36.41	53.74	300.28
工蟻估算數量	4807	5,910	5,949	7,211	3,792	18,221	8,035	13,176	24,262	15,830	23,365	130,557
蟻巢平均 工蟻個體數	1602	984.8	1189.7	1802.7	1895.8	2024.5	1339.1	1882.3	2426.2	3166.1	1793.3	1865.1

粗體數字為各月份中最高

本研究與 110 年度「壽山國家自然公園長腳捷蟻人工誘引盒防治計畫」使用相同誘引方法的調查資料相比 (圖十), 110 年執行四個月份的調查 (2 月、5 月、8 月、11 月)。110 年 2 月為 5 巢、12 隻蟻后、5,950 隻工蟻, 平均一巢 1,190 隻工蟻, 本計畫 111 年 2 月為 6 巢、4 隻蟻后、5,910 隻工蟻, 平均一巢 985 隻工蟻, 兩個年度的 2 月份長腳捷蟻整體平均工蟻數量相近。110 年 5 月為 10 巢、110 隻蟻后、26,568 隻工蟻, 平均一巢 2,657 隻工蟻, 111 年 5 月為 2 巢、9 隻蟻后、3,792 隻工蟻, 平均一巢 1,895 隻工蟻。110 年 11 月為 10 巢、41 隻蟻后、26,461 隻工蟻, 平均一巢 2,646 隻工蟻 111 年 11 月為 13 巢、50 隻蟻后、23,365 隻工蟻, 平均一巢 1,793 隻工蟻。在比較兩個年度 (110 年與 111 年) 5 月份資料上平均蟻巢工蟻數量上, 是有明顯差異性 (Mann-Whitney U test, $p < 0.05$)。110 年 8 月為 16 巢、150 隻蟻后、26,639 隻工蟻, 平均一巢 1,665 隻工蟻, 111 年 8 月為 7 巢、48 隻蟻后、13,176 隻工蟻, 平均一巢 1,882 隻工蟻。在比較兩個年度 (110 年與 111 年) 8 月份資料上平均蟻巢工蟻數量上, 是有明顯差異性 (Mann-Whitney U test, $p < 0.05$)。

評估兩個年度 (110 年與 111 年) 人工蟻巢誘引盒誘集之長腳捷蟻資料, 整體而言旗後山樣區長腳捷蟻族群於年初(冬季) 至 4 月前 (初春) 在蟻巢數、蟻后數及工蟻數量均較低, 但進入春夏季後 (5 月起) 整體長腳捷蟻族群數量將會大幅增加, 在未進行防治處理的 110 年自 5 月蟻巢數均達 10 巢以上、蟻后數超過百隻及工蟻數量達 26,000 隻工蟻且此數量到 11 月進入冬季前仍持續。111 年本年度因自 4 月進行防治作業的防治成效於 5 月份資料與前一年 110 年度顯示有明顯成效在蟻巢數量、蟻后數、工蟻數量及蟻巢平均個體數 (Mann-Whitney U test, $p < 0.05$)。雖於本年度 6 月份資料顯示長腳捷蟻族群數量仍有明顯上升但因為防治作業仍持續進行中, 整體長腳捷蟻族群數量高峰延遲至 9 月份, 但 10 月份則又被抑制下降, 本年度 (111 年) 計畫進行自 4 月起進行 6 次防治作業與 110 年度未執行防治作業的長腳捷蟻族群年度變化比較有顯著降低的趨勢 (General Linear Model, $p < 0.05$)。



圖十 110年(上)與111年(下)1月至11月旗後山樣區以蟻巢誘引盒誘集長腳捷蟻巢數、巢內蟻后和工蟻數趨勢圖(*為液態餌劑與生長調節劑防治月份)。

三、半屏山樣區監測結果

半屏山監測點位置參考 109 年「壽山國家自然公園蟹類資源調查及生態監測計畫」中，研究人員於陸蟹熱點發現長腳捷蟻的位置，從半屏山西南部靠近翠華路之出口為起點，沿著人行步道共設置 20 個監測點，每個監測點距離約 100 公尺，總長度約 1.8 公里 (圖十一)，環境多為珊瑚礁地形。



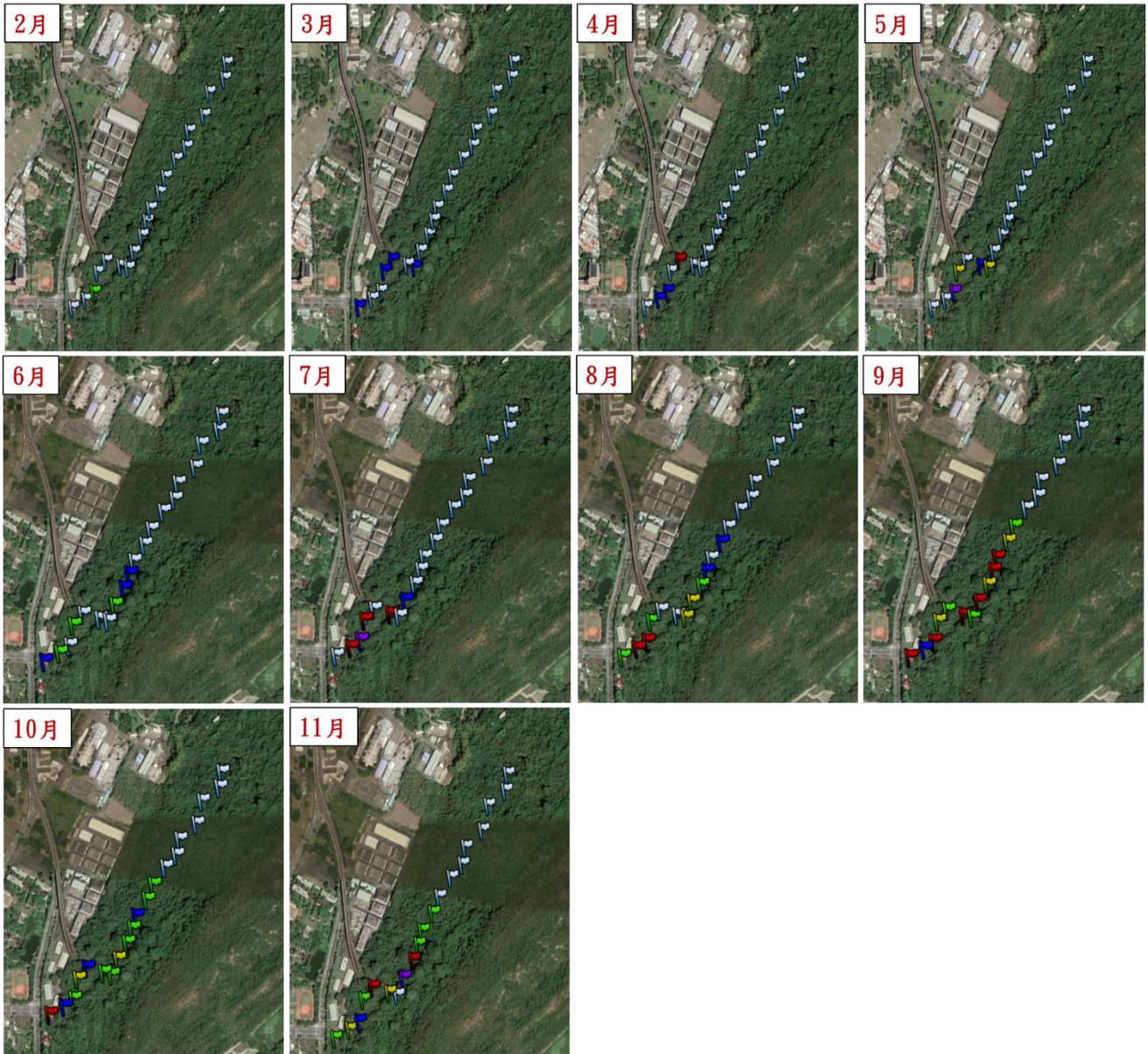
圖十一 壽山國家自然公園半屏山樣區的環境照與 20 個監測點位。

111 年 2 月至 11 月在半屏山樣區的長腳捷蟻監測結果如圖十二所示，2 月只有 1 個點位出現長腳捷蟻，密度為二級中度密度；3 月時監測點位增加到 4 個，皆為一級輕度密度；4 月時點位降為 3 個點，但有一個點位密集程度為四級高度密度；5 月時增加到 4 個點位，有 1 個點位是一級輕度，2 個是三級中高級密度，1 個是五級嚴重密度；6 月時增加到 6 個點位，且開始延伸到樣區中部，有 3 個點位是一級輕度，3 個是二級中度密度；7 月降為 5 個點位，有 1 個點位是一級輕度，3 個是四級高級密度，1 個是五級嚴重密度；8 月上升為 9 個點位，且延伸至樣區中部，有 2 個點位是一級輕度，3 個是二級中度密度，2 個是三級中高度密度，2 個是四級高級密度；9 月上升為 13 個點位，並延伸至樣區中部，有 1 個點位是一級輕度，3 個是二級中度密度，3 個是三級中高度密度，6 個是四級高級密度；10 月為 13 個點位，且延伸至樣區中部，有 3 個點位是一級輕度，7 個是二級中度密度，2 個是

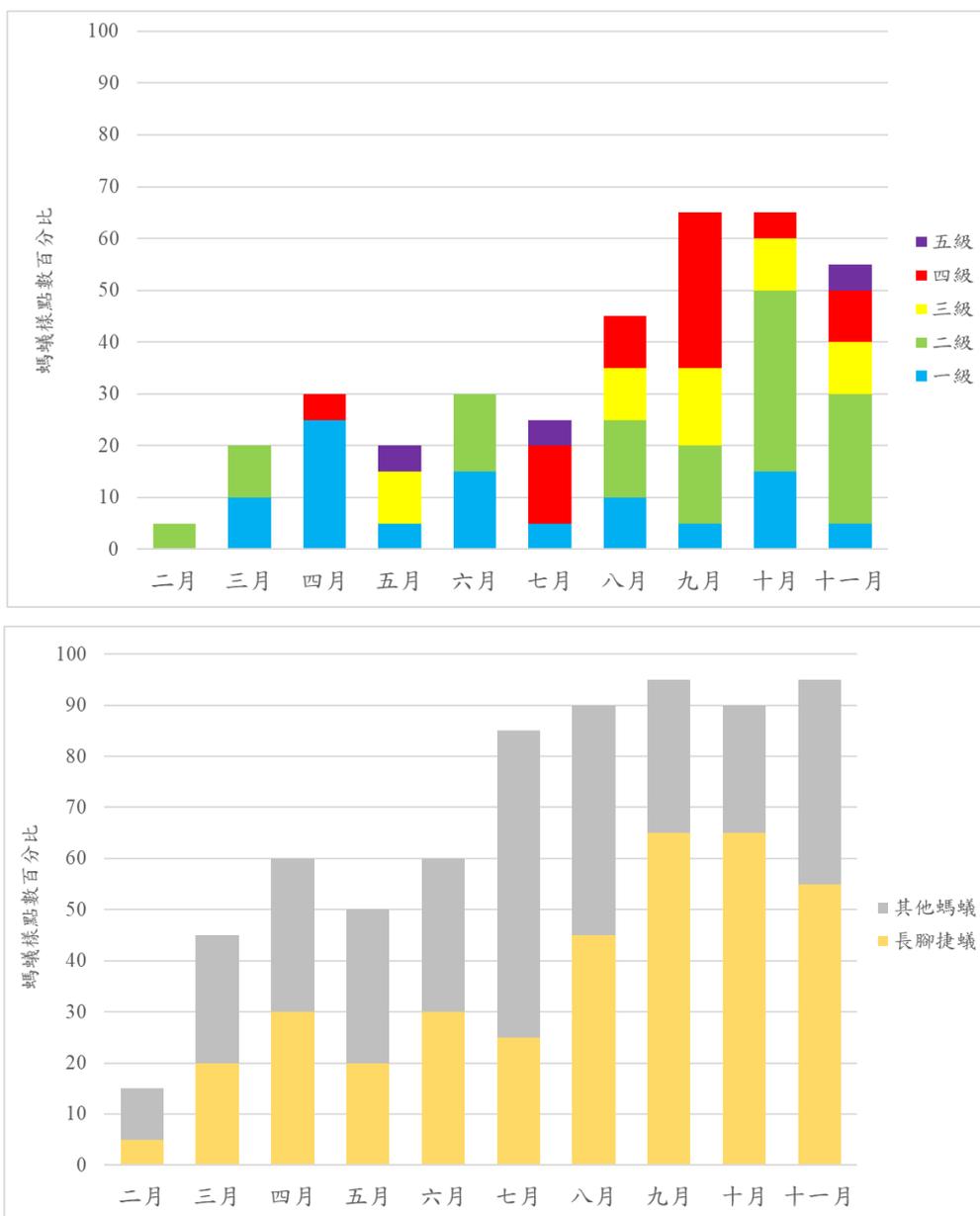
三級中高度密度，1 個是四級高級密度；11 月為 11 個點位，有 1 個點位是一級輕度，5 個是二級中度密度，2 個是三級中高度密度，2 個是四級高級密度，1 個是五級嚴重密度。

在地面型誘集裝置的資料中(圖十三)，2 月至 11 月半屏山誘集到的螞蟻種類共 6 種，包含長腳捷蟻共 72 個樣點、熱帶大頭家蟻(*Pheidole megacephala*)共 42 個樣點、褐大頭家蟻 (*Pheidole parva*) 共 8 個樣點、日本皺家蟻 (*Tetramorium nipponense*) 共 6 個樣點、寬結大頭家蟻 (*Pheidole nodus*) 共 5 個樣點和多樣寡家蟻(*Carebara diversa*)共 4 個樣點。長腳捷蟻誘集的比例略高於其他種類螞蟻，整體比例長腳捷蟻佔 52.6%，其他種類螞蟻佔 47.3%。以月份分別討論，2 月至 7 月其他螞蟻的取食密度高於長腳捷蟻，其中在 7 月其他螞蟻的取食密度(70%) 遠高於長腳捷蟻 (25%)，其中以熱帶大頭家蟻為較常見螞蟻物種。在 8 至 10 月中，長腳捷蟻的取食範圍增加至半屏山樣區中部，在 9 月、10 月和 11 月的取食分布比例上升至 55%以上，且有出現高度和嚴重密度。

半屏山樣區在三調查樣區中的林分鬱閉度 (crown density) 較高平均為 $22.1 \pm 4.0\%$ ，此環境因為林分鬱閉度較高也提供其他螞蟻種較適合的棲地環境。上述結果顯示，長腳捷蟻在 111 年 2 月至 7 月間分布範圍為西南部靠近翠華路之出口的點位 1 至點位 8 之間，路長約 700 公尺。在取食競爭方面，2 月至 7 月時，其他種類螞蟻可以侷限長腳捷蟻的取食範圍。但在 8 月之後長腳捷蟻的分布範圍開始擴散至樣區中部，路長約 1100 公尺，且取食密度也提高，顯示其取食競爭力開始高於其他種類螞蟻。



圖十二 111 年 2 月至 11 月半屏山樣區長腳捷蟻分布狀況 (白：無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重)。



圖十三 111年2月至11月半屏山樣區使用地面型誘集裝置誘集長腳捷蟻各分級(上)與其他螞蟻樣點數(下)百分比。

四、軍區樣區監測結果

軍區監測點位置參考 109 年「壽山國家自然公園蟹類資源調查及生態監測計畫」中，陸蟹研究人員於陸蟹熱點發現長腳捷蟻的位置，從國軍哨點步行至樣區路程約 600 公尺。該區域設有 10 個監測點(如圖十四)，各偵測樣點距離約 40 至 50 公尺，監測點範圍預估約 3 公頃，當地植被多為廢棄果園與次生林，本計畫於 111 年 3 月開始監測至 11 月，已實施 9 個月之監測。

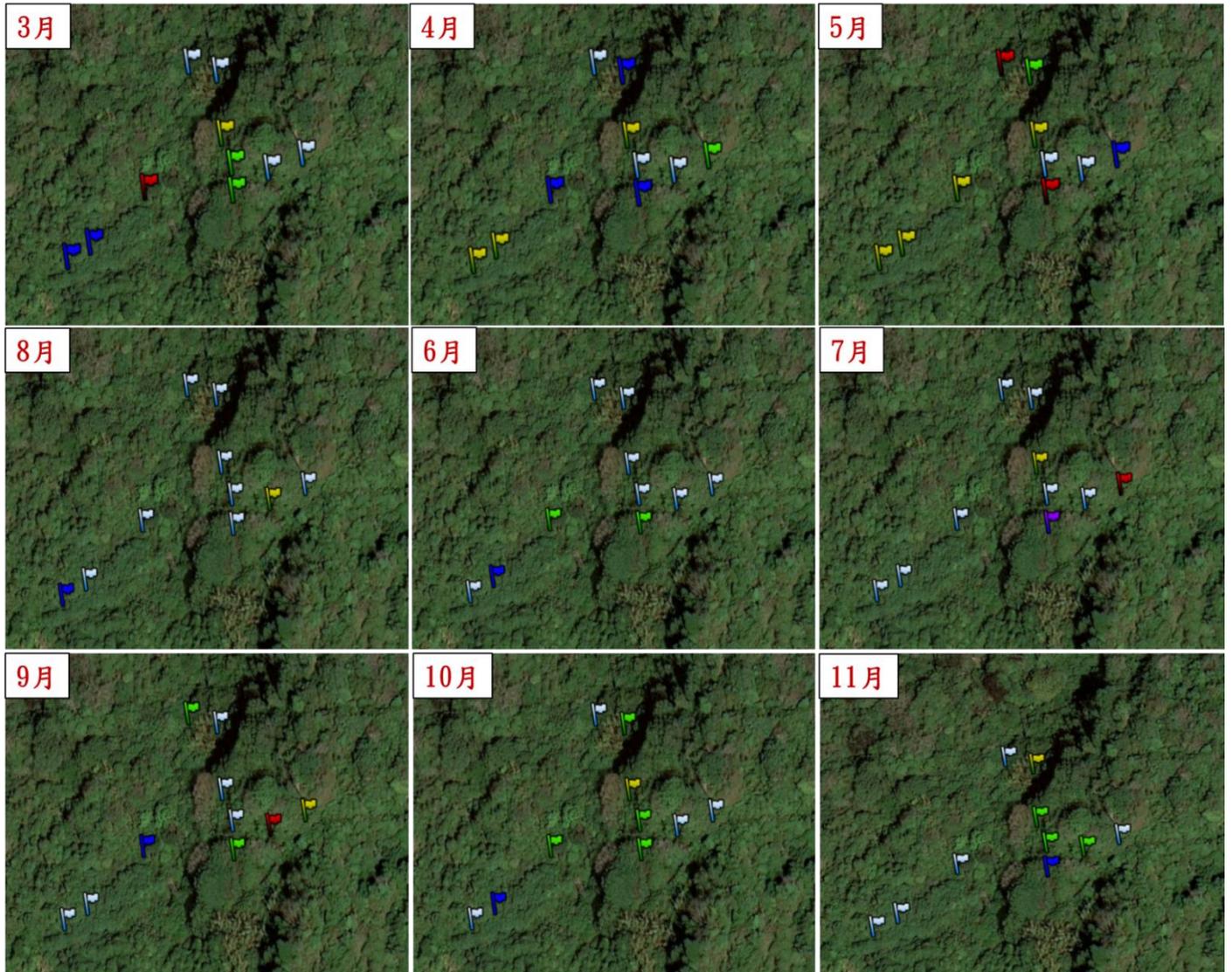


圖十四 壽山國家自然公園軍區樣區的環境照與 10 個監測點位。

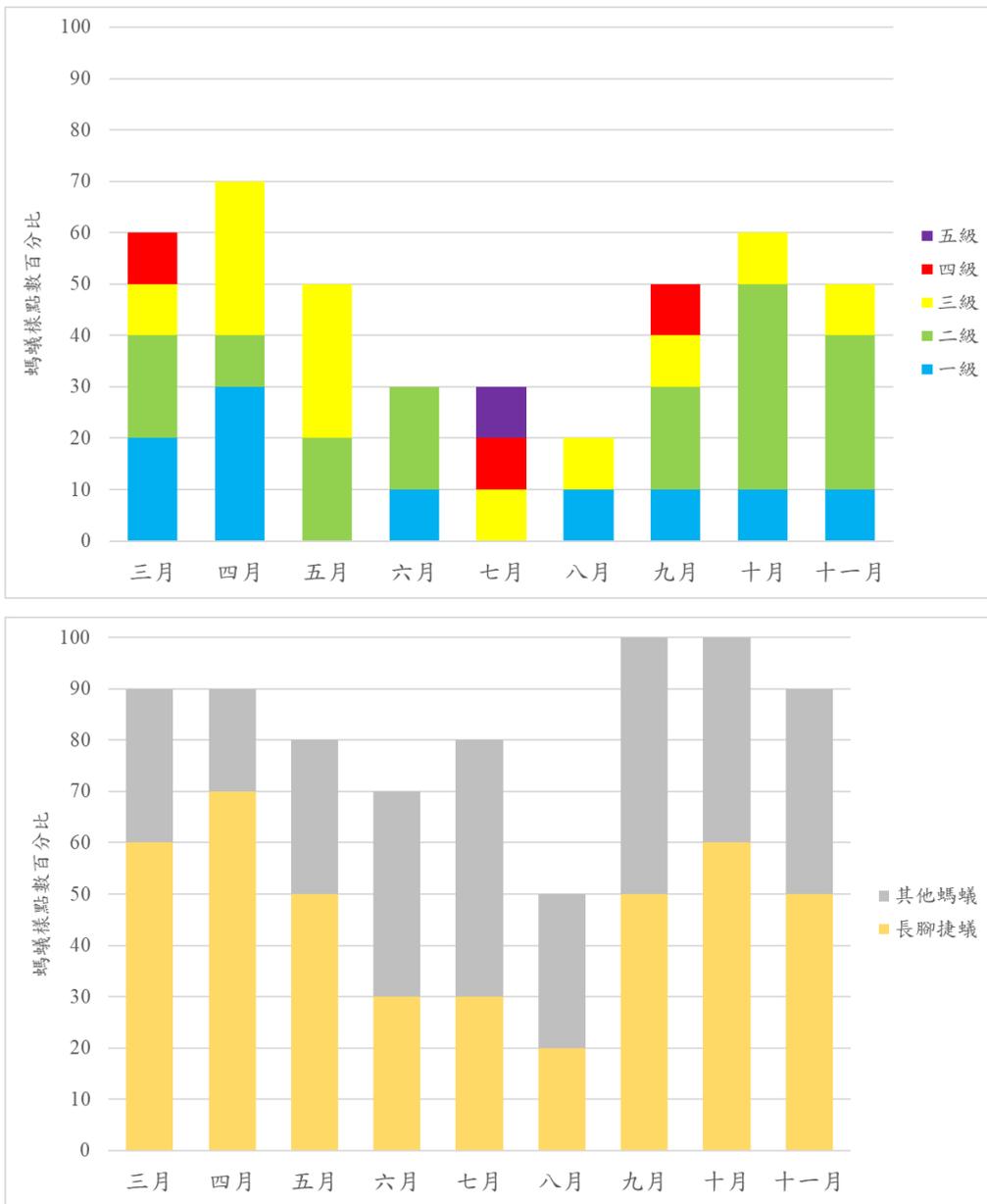
111 年 3 月至 11 月之監測結果如圖十五，3 月時有 6 個點位，包含 2 個輕度、2 個中度、1 個中高度與 1 個高度；4 月時上升為 7 個點位，包含 3 個輕度、3 個中度與 1 個中高度；5 月下降 5 個點位，包含 1 個輕度、1 個中度、4 個中高度與 2 個高度密度；6 月下降 3 個點位，包含 1 個輕度、2 個中度密度；7 月有 3 個點位，但是包含 1 個中高度、1 個高度密度和 1 個嚴重密度；8 月下降為 2 個點位，包含 1 個輕度、1 個中高度密度；9 月上升為 5 個點位，包含 1 個輕度、2 個中度、1 個中高度與 1 個高度密度；10 月上升為 6 個點位，包含 1 個輕度、4 個中度、1 個中高度與 1 個高度密度；11 月下降為 5 個點位，包含 1 個輕度、3 個中度、1 個中高度密度。

在地面型誘集裝置的資料中(圖十六),3月至10月軍區誘集到的螞蟻種類共7種,包含長腳捷蟻共42個樣點、熱帶大頭家蟻(*Pheidole megacephala*)共23個樣點、多樣寡家蟻(*Carebara diversa*)共4個樣點、日本皺家蟻(*Tetramorium nipponense*)共2個樣點、寬結大頭家蟻(*Pheidole nodus*)共2個樣點、荷氏扁琉璃蟻(*Technomyrmex horni*)共1個樣點和黑頭慌琉璃蟻(*Tapinoma melanocephalum*)共1個樣點。長腳捷蟻誘集的比例略高於其他種類螞蟻,整體比例長腳捷蟻佔56%,其他種類螞蟻佔44%。以月份分別討論,其中在3月至5月時,長腳捷蟻誘集的比例皆在50%以上,並高於其他種類螞蟻,但在6月至8月,長腳捷蟻取食分布有下降趨勢,且略低於其他種類螞蟻,其他種類螞蟻以熱帶大頭家蟻為較常見螞蟻物種。在9月至11月時,長腳捷蟻的取食比例上升至50%以上,略高於其他種類螞蟻。

軍區樣區在三調查樣區中的林分鬱閉度(crown density)較高平均為 $21.6 \pm 3.0\%$,此環境因為較高的林分鬱閉度提供其他螞蟻種較適合的棲地環境。但軍區10個偵測點在8個月份中,仍有長腳捷蟻出現的紀錄,顯示長腳捷蟻族群在軍區樣區已廣泛分布但較零星,研究人員也在周邊發現有大量長腳捷蟻蟻巢於人為設施(臨時廁所)、樹下、落葉層中(附錄三)。但是分布百分比介於20%至70%之間,顯示分布較不穩定,會受到其他優勢種螞蟻的競爭影響。



圖十五 111年3月至11月軍區樣區長腳捷蟻分布狀況 (白：無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重)。



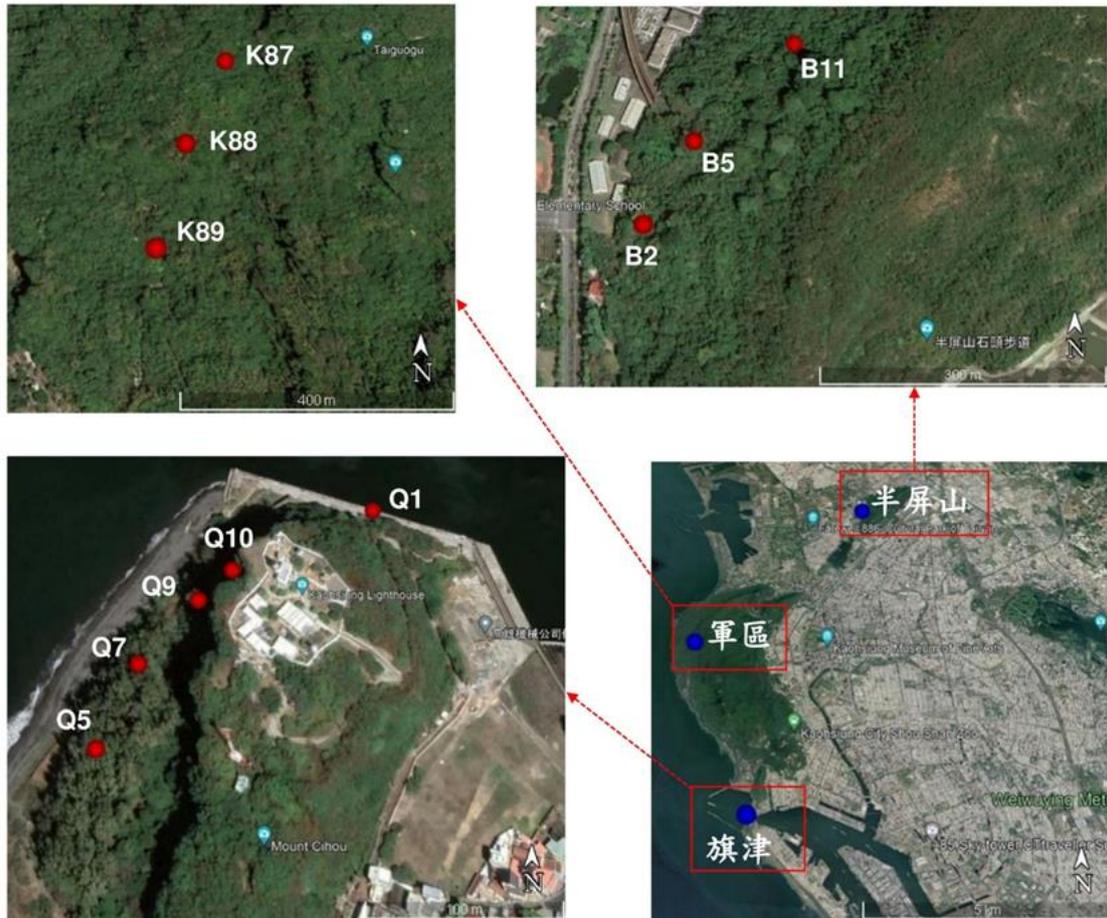
圖十六 111年3月至11月軍區樣區使用地面型誘集裝置誘集長腳捷蟻各分級(上)與其他螞蟻樣點數(下)百分比。

五、長腳捷蟻的超級群落範圍

在探討各樣區內的長腳捷蟻族群是否有形成超級群落的現象的試驗中，已於調查樣區旗後山 (Q1, Q5, Q7, Q9, Q10)、軍區 (K87, K88, K89) 及半屏山 (B2, B5, B11) 共採集了 11 個蟻巢 (圖十七)，其中旗後山各個蟻巢位置直線距離約 50 至 100 公尺，軍區各個蟻巢位置直線距離約 200 公尺，半屏山各個蟻巢位置直線距離約 150 至 200 公尺。

試驗結果顯示在旗後山樣區，不同蟻巢組合之間的攻擊行為得分皆無顯著的差異 ($\chi^2 = 15.643, df = 9, P = 0.075$)，而行為得分介於 0.5~1.1 之間 (表二)。在軍區樣區，不同蟻巢組合之間的攻擊行為得分皆無顯著的差異 ($\chi^2 = 3.745, df = 2, P = 0.154$)，而行為得分介於 2.6~3.4 之間。在半屏山樣區，B2 vs B11 及 B5 vs B11 組合的攻擊行為得分皆顯著高於 B2 vs B5 組合 ($\chi^2 = 3.745, df = 2, P = 0.154$)。綜合來說，以攻擊行為等級 2 為區分試驗蟻蟻是否為同蟻群的標準，旗後山樣區內的蟻巢皆屬於同一蟻群，已有形成超級群落的現象；軍區樣區內的蟻巢皆屬於不同的蟻群；半屏山樣區內 B2 及 B5 蟻巢屬於同一蟻群，而 B11 則屬於獨立的蟻群。

不同樣區的蟻巢各別採用旗後山 (Q10)、軍區 (K87, K88, K89)、及半屏山 (B2 與 B11) 蟻巢的工蟻來測試不同樣區的蟻巢之間是否有明顯的攻擊性行為。試驗結果顯示 (表三)，在調查範圍內，不同樣區的蟻巢之間大部分都具明顯的攻擊性行為 (行為得分大於 2.0)，除了旗後山(Q10)與軍區(K87)的實驗組合 (行為得分 = 0.3 ± 0.3) 及軍區(K88)與半屏山(B2)的實驗組合 (行為得分 = 1.5 ± 0.3) 之外。以上結果初步證實，旗後山(Q10)與軍區(K87)應是屬於同一蟻群，而軍區(K88)與半屏山(B2)也是屬於同一蟻群。



圖十七 攻擊行為試驗各調查樣區中長腳捷蟻蟻巢的採樣位置圖，藍色圈點為調查樣區位置，而紅色圈點為蟻巢位置。(旗後山：Q1, Q5, Q7, Q9, Q10、軍區：K87, K88, K89、半屏山：B2, B5, B11)

蟻巢間個體攻擊行為試驗的結果顯示，在旗後山樣區中的蟻巢間個體均無劇烈的攻擊行為反應，證實旗後山樣區內的蟻巢屬於相同的蟻群，已形成局域性的超級群落。與旗後山樣區相反，軍區樣區內的蟻巢間個體均表現出明顯的攻擊行為反應，顯示軍區樣區內的蟻巢皆屬於不同的蟻群。值得一提的是，旗後山 (Q10) 與軍區 (K87) 的工蟻彼此之間 (蟻巢相距約 5 公里) 皆沒有攻擊性行為，推測旗後山樣區內的蟻群可能隨著人類活動而被引入到軍區 (K87) 的範圍內，反之亦然。而半屏山樣區的蟻群分為兩個群體 (即 B2 與 B5 屬於相同的蟻群，B11 則屬於獨立的蟻巢)。此外，半屏山 (B2) 與軍區 (K88) 屬於相同的蟻群 (蟻巢相距約 6.5 公里)，推測同樣可能是通過人類活動而被引入到新的環境中。

表二 各樣區中不同蟻巢之間的攻擊行為分數等級結果

樣區	不同試驗蟻巢組合	行為得分(Mean ± SE)
旗後山	Q1 vs Q5	0.5 ± 0.2 a
	Q1 vs Q7	1.1 ± 0.2 a
	Q1 vs Q9	0.5 ± 0.2 a
	Q1 vs Q10	1.1 ± 0.1 a
	Q5 vs Q7	0.9 ± 0.1 a
	Q5 vs Q9	0.5 ± 0.2 a
	Q5 vs Q10	0.5 ± 0.2 a
	Q7 vs Q9	0.5 ± 0.2 a
	Q7 vs Q10	0.6 ± 0.2 a
	Q9 vs Q10	0.5 ± 0.2 a
軍區	K87 vs K88	3.4 ± 0.2 a
	K87 vs K89	2.6 ± 0.3 a
	K88 vs K89	3.0 ± 0.3 a
半屏山	B2 vs B5	0.3 ± 0.2 a
	B2 vs B11	2.1 ± 0.2 b
	B5 vs B11	2.2 ± 0.3 b

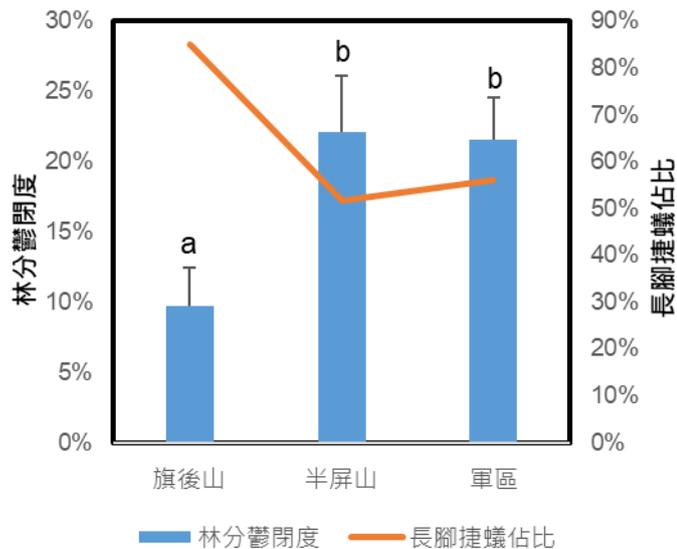
(同一樣區內，不同英文字母顯示統計上達顯著差異, $P < 0.001$)

表三 不同樣區中不同蟻巢的工蟻個體之間的攻擊行為分數等級結果

	旗後山(Q10)	軍區(K87)	軍區(K88)	軍區(K89)	半屏山(B2)	半屏山(B11)
旗後山(Q10)		0.3 ± 0.3	3.5 ± 0.2	2.4 ± 0.3	2.9 ± 0.1	2.1 ± 0.3
軍區(K87)			3.4 ± 0.2	2.6 ± 0.3	3.3 ± 0.3	2.6 ± 0.3
軍區(K88)				3.0 ± 0.3	1.5 ± 0.3	3.1 ± 0.3
軍區(K89)					2.5 ± 0.3	2.4 ± 0.2
半屏山(B2)						2.1 ± 0.2
半屏山(B11)						

伍、總結與建議

1. 本計畫已於半屏山、旗後山與軍區進行 2 月至 11 月共 10 個月份 (軍區為 9 個月份) 的長腳捷蟻取食密度監測，以及 6 個月份 (4 月至 9 月) 的液態餌劑與生長調節劑防治作業。
2. 在取食密度監測結果中，旗後山、半屏山與軍區三個樣區都有出現長腳捷蟻，但是分布密度和範圍不同，旗後山最高 85% 監測到長腳捷蟻，軍區次之 56.1%，半屏山為 51.7%。各調查樣區林分鬱閉度 (crown density) 顯示與長腳捷蟻族群分布有明顯的負相關 ($r < -0.996$)，林分鬱閉度越低則有較高長腳捷蟻族群的分布。旗後山調查樣區在三調查樣區中的林分鬱閉度最低為 $9.7 \pm 2.8\%$ 與半屏山 $22.1 \pm 4.0\%$ 和軍區 $21.6 \pm 3.0\%$ 有顯著的差異，而半屏山與軍區無差異性 (ANOVA, $p < 0.05$) (圖十八)。



圖十八 各調查樣區林分鬱閉度 (crown density) 與長腳捷蟻監測點出現比例 (ANOVA, $p < 0.05$)。

3. 半屏山樣區在 111 年 2 月至 7 月間分布範圍為西南部靠近翠華路之出口的点位 1 至點位 8 之間，路長約 700 公尺，其他種類螞蟻可以侷限長腳捷蟻的取食範圍。在 8 月之後長腳捷蟻的分布範圍開始擴散至樣區中部，路長約 1,100 公尺，且取食密度也提高，顯示其取食競爭力開始高於其他種類螞蟻，需要密切注意其分布狀況。
4. 軍區 10 個偵測點在 9 個月份中，皆有長腳捷蟻出現的紀錄，顯示長腳捷蟻族群在軍區樣區已廣泛分布，但是分布百分比比較不穩定，會受到其他優勢種螞蟻的競爭影響。
5. 旗後山調查樣區中長腳捷蟻族群較為廣泛，且對其他種類螞蟻有相當大的競爭壓力僅只有 5 種其他螞蟻被調查到（日本皺家蟻、褐大頭家蟻、中華單家蟻及花居單家蟻）。其中長腳捷蟻分布較密集區域為樣區中部的木麻黃防風林步道周邊區域，但族群動態有小幅變動，例如在 5 月中防風林的破壞會影響到長腳捷蟻棲息區，而木棧道的修整會使長腳捷蟻的分布向周邊擴散。
6. 在人工蟻巢誘引盒方面，2 月至 11 月人工蟻巢誘引盒盒共誘集到 70 巢蟻巢、348 隻蟻后，以及總數約為 130,557 隻工蟻。10 個月份中，以 11 月採集到的蟻巢數最多為 13 巢，以 9 月的工蟻數量為最多 24,262 隻，6 月的蟻后數為最多 79 隻，而 10 月的平均工蟻數為最多 3,166 隻。
7. 在液態餌劑與生長調節劑防治月份中，在施灑百利普芬配合液態餌劑後的月份，工蟻和蟻后有下降趨勢，而美賜平和液態餌劑配合使用後的效果較不明顯。顯示施灑液態餌劑與生長調節劑對降低工蟻數有效果，其中百利普芬配合液態餌劑的防治效果較美賜平配合液態餌劑好。
8. 三個樣區中蟻巢間個體攻擊行為試驗的結果，顯示旗後山樣區內的蟻巢屬於相同的蟻群，已形成局域性的超級群落。軍區樣區內的蟻巢皆屬於不同的蟻群，半屏山樣區的蟻群分為兩個群體。其中軍區與半屏山、旗後山之間有相同的蟻

群，推測可能是通過人類活動而被引入。

9. 對於未來壽山國家自然公園三個陸蟹熱點（旗後山、半屏山與軍區）對於長腳捷蟻的防治建議分為以下部分

(1) 旗後山樣區的長腳捷蟻防治建議：旗後山樣區的長腳捷蟻目前已形成超級群落在族群數量分布已對陸蟹造成威脅，因此建議仍需積極進行族群抑制的防治作業。也因旗後山樣區的國家自然公園的保護環境與長腳捷蟻行為特性，仍建議以餌劑防治與蟻巢移除的防治作業進行。以本年度計畫自 4 月至 9 月進行每月一次共 6 次的餌劑防治與蟻巢移除作業，依監測資料與往年資料比較呈現出有將長腳捷蟻的族群在夏季後族群的拓展期有明顯的抑制，因此建議在旗後山樣區威脅陸蟹的長腳捷蟻的超級群落未被瓦解前，仍需要近期至少執行 6 次的餌劑防治與蟻巢移除作業（4 月至 9 月進行每月一次）。若更積極處置可在夏季（6 月至 8 月）再增加 2~3 次防治作業以達更好的效果。此外每月的監測作業仍是必要的，以有效了解長腳捷蟻族群的數量與分布的資料，可以有效評估防治策略成效與後續調整。

(2) 半屏山樣區的長腳捷蟻防治建議：半屏山樣區雖有長腳捷蟻分布，但此樣區長腳捷蟻的族群未形成超級群落，但仍會有動態性數量與分布上的變動，長腳捷蟻主要分布於西南部靠近翠華路之出口的範圍。因此，半屏山樣區將無須進行較全面性防治作業，但仍需每月的監測作業仍是必要的，以有效了解長腳捷蟻族群的數量與分布的資料。

(3) 軍區樣區的長腳捷蟻防治建議：軍區樣區與半屏山樣區相同雖有長腳捷蟻分布，但此樣區長腳捷蟻的族群未形成超級群落，但軍營中長腳捷蟻族群變動較大分布比較不穩定。因此半屏山樣區將無須進行較全面性防治作業，但仍需每月的監測作業仍是必要的，以有效了解長腳捷蟻族群的數

量與分布的資料，此區長腳族群蟻巢多出現在人為設施的地區，若數量過多可以進行短期區域性的餌劑防治與蟻巢移除作業，以降低族群數量。

陸、參考文獻

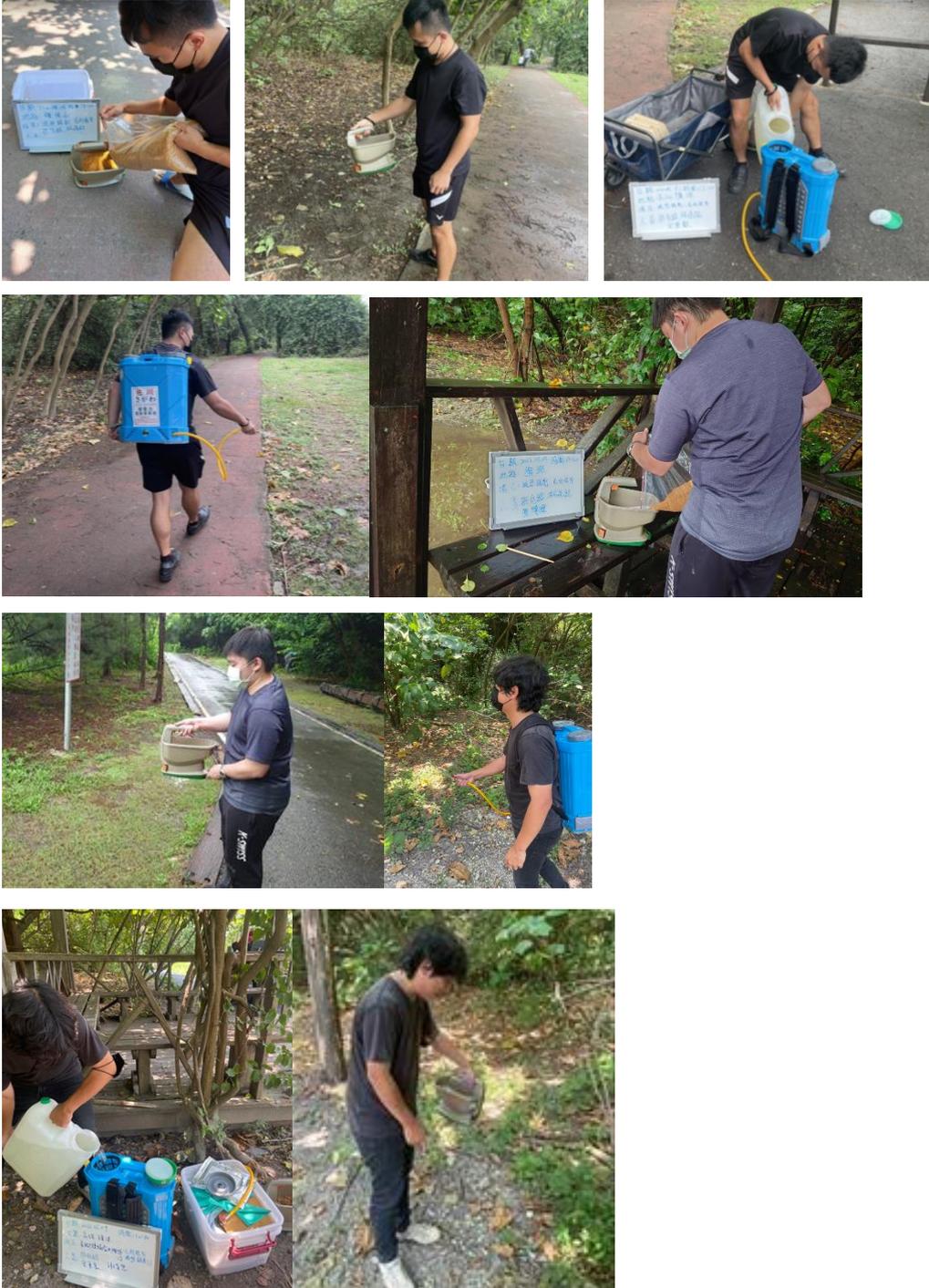
- 邱郁文。2020。「壽山國家自然公園蟹類資源調查及生態監測計畫」壽山國家自然公園管理處委託辦理計畫報告 8 頁
- 林宗岐。2015。外來入侵螞蟻。生態學會季刊 46: 50-57。
- 林宗岐。2017。「106 年度墾丁國家公園長腳捷蟻入侵狀況調查與防治策略研擬」。墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告 60 頁。
- 林宗岐。2017。「106 年度港口地區長腳捷蟻調查」。墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告 16 頁。
- 林宗岐。2018。「107 年度墾丁國家公園入侵長腳捷蟻監測與防治計畫」。墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告 82 頁。
- 林宗岐。2019。「108 年度墾丁國家公園長腳捷蟻防治監測成效評估計畫」。墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告 80 頁。
- 林宗岐。2020。「壽山國家自然公園長腳捷蟻調查計畫」。壽山國家自然公園管理處委託辦理計畫報告 5 頁。
- 林宗岐。2021。「壽山國家自然公園長腳捷蟻人工誘引盒防治計畫」壽山國家自然公園管理處委託辦理計畫報告 36 頁。
- 林宗岐、吳文哲。2003。台灣螞蟻相 (膜翅目：蟻科) — 並附亞科與屬檢索表。國立台灣博物館年刊 46: 5-69。
- 劉烘昌。2016。104 年墾丁國家公園遊憩區 (一) 陸蟹生態監測及香蕉灣、砂島地區陸蟹資源調查。墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告 102 頁。
- Abbott KL. 2005. Supercolonies of the invasive yellow crazy ant, *Anoplolepis gracilipes*, on an oceanic island: Forager activity patterns, density and biomass. *Insect. Soc.* 52: 266–273.
- Abbott KL. 2006. Spatial dynamics of supercolonies of the invasive yellow crazy ant, *Anoplolepis gracilipes*, on Christmas Island, Indian Ocean. *Divers. Distrib.* 12: 101–110.
- Baker GL. 1976. The seasonal life cycle of *Anoplolepis longipes* (Jerdon) (Hymenoptera: Formicidae) in a cacao plantation and under brushed rain forest in the northern district of Papua New Guinea. *Insect. Soc.* 23: 253-261.
- Bos MM, Tylianakis JM, Steffan-Dewenter IS, Tscharrntke T. 2008. The invasive yellow crazy ant and the decline of forest ant diversity in Indonesian cacao agroforests. *Biol. Invas.* 10: 1399–1409.
- Drescher J, Bluthgen N, Feldhaar H. 2007. Population structure and intraspecific aggression in the invasive ant species *Anoplolepis gracilipes* in Malaysian Borneo. *Mol. Ecol.* 16: 1453–1465.
- Haines IH, Haines JB. 1978. Colony structure, seasonality and food requirements of the

- crazy ant, *Anoplolepis longipes* (Jerd.), in the Seychelles. *Ecol. Entomol.* 3: 109-118.
- Haines IH, Haines JB, Cherrett JM. 1994. The impact and control of the crazy ant, *Anoplolepis longipes* (Jerd.), in the Seychelles. *Exotic ants. Biology, impact and control of introduced species.* Westview Press, Boulder, CO, USA, 206-219.
- Hoffmann BD, Auina S, Stanley MC. 2014. Targeted research to improve invasive species management: yellow crazy ant *Anoplolepis gracilipes* in Samoa. *PLoS ONE* 9(4): e95301. doi:10.1371/journal.pone.0095301.
- Green PT, Comport S, Slip D. 2004. The Management and Control of the Invasive Alien Crazy Ant (*Anoplolepis gracilipes*) on Christmas Island, Indian Ocean: The Aerial Baiting Campaign September 2002. Unpublished final report to Environment Australia and the Crazy Ant Steering Committee, Monash University. 79 pp.
- Kaiser-Bunbury CN, Cuthbert H, Fox R, Birch D, Bunbury N. 2014. Invasion of yellow crazy ant *Anoplolepis gracilipes* in a Seychelles UNESCO palm forest. *NeoBiota* 22: 43-57.
- Janicki J, Narula N, Ziegler M, Guénard B, Economo EP. 2016. Visualizing and interacting with large-volume biodiversity data using client-server web-mapping applications: The design and implementation of antmaps.org. *Ecol. Inform.* 32: 185-193.
- Ness JH, Bronstein JL. 2004. The Effects of Invasive Ants on Prospective ant Mutualists. *Biol. Invas.* 2004 6: 445–461.
- O'Dowd DJ, Green PT, Lake PS. 1999. Status, impact, and recommendations for research and management of exotic invasive ants in Christmas Island National Park. Darwin, Northern Territory, Environment Australia: 50 pp, 8 figures, 2 plates.
- Lee CC, Nakao H, Tseng SP, Hsu HW, Lin GL, Tay JW, Billen J, Ito F, Lee CY, Lin CC, Yang CC. 2017. Worker reproduction of the invasive yellow crazy ant *Anoplolepis gracilipes*. *Front. Zool.* 14(1): 24.
- Parks Australia. 2016. Christmas Island Yellow Crazy Ant Control Program: Moving from Chemical Control to a Biological Control Future.
- Rao NS, Veeresh GK. 1990. Management of crazy ant, *Anoplolepis longipes* (Jerdon). *Indian J. Plant Prot.* 18: 105-8.
- Rao NS, Veeresh GK. 1991. Nesting and foraging habits of crazy ant *Anoplolepis longipes* (Jerdon) (Hymenoptera: Formicidae). *Environ. Ecol.* 9: 670-677.
- Thomas ML, Becker K, Abbott K, Feldhaar H. 2010. Supercolony mosaics: two different invasions by the yellow crazy ant, *Anoplolepis gracilipes*, on Christmas Island, Indian Ocean. *Biol. Invasions* 12: 677–687.
- Wetterer JK. 2005. Worldwide distribution and potential spread of the long-legged ant, *Anoplolepis gracilipes* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 45: 77-97.

- Williamson M. 1996. *Biological Invasions*. Chapman & Hall, London. 244 pp.
- Wittenborn D, Jeschke JM. 2011. Characteristics of exotic ants in North America. *NeoBiota* 10: 47–64.

柒、附錄

一、旗後山樣區防治照片



二、旗後山樣區因步道維修遭封鎖與破壞照片



三、軍區哨點建築與樣區環境中長腳捷蟻狀況



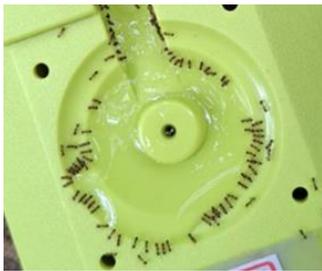
四、地面型誘集裝置所誘集到各種螞蟻



長腳捷蟻



多樣擬大頭家蟻



熱帶大頭家蟻



黑頭慌琉璃蟻



日本皺家蟻

五、長腳捷蟻攻擊昆蟲、陸蟹以及人工蟻巢中其他節肢動物屍體



六、旗後山、半屏山與軍區樣區地面型誘集裝置與人工誘引盒誘集點經緯度位置

旗後山(含人工誘引盒)		半屏山		軍區	
1	N22° 36.811' E120° 15.818'	1	N22° 41.602' E120° 18.212'	1	N22° 39.463' E120° 15.547'
2	N22° 36.829' E120° 15.816'	2	N22° 41.614' E120° 18.228'	2	N22° 39.457' E120° 15.530'
3	N22° 36.847' E120° 15.805'	3	N22° 41.644' E120° 18.235'	3	N22° 39.447' E120° 15.511'
4	N22° 36.860' E120° 15.805'	4	N22° 41.661' E120° 18.251'	4	N22° 39.459' E120° 15.510'
5	N22° 36.872' E120° 15.819'	5	N22° 41.654' E120° 18.278'	5	N22° 39.472' E120° 15.505'
6	N22° 36.884' E120° 15.833'	6	N22° 41.651' E120° 18.293'	6	N22° 39.500' E120° 15.503'
7	N22° 36.901' E120° 15.836'	7	N22° 41.675' E120° 18.303'	7	N22° 39.504' E120° 15.488'
8	N22° 36.911' E120° 15.850'	8	N22° 41.700' E120° 18.319'	8	N22° 39.448' E120° 15.465'
9	N22° 36.925' E120° 15.862'	9	N22° 41.722' E120° 18.328'	9	N22° 39.423' E120° 15.436'
10	N22° 36.938' E120° 15.872'	10	N22° 41.741' E120° 18.334'	10	N22° 39.417' E120° 15.425'
更改後 1	N22° 36.956' E120° 15.930'	11	N22° 41.766' E120° 18.352'		
更改後 2	N22° 36.967' E120° 15.910'	12	N22° 41.789' E120° 18.363'		
更改後 3	N22° 36.962' E120° 15.884'	13	N22° 41.816' E120° 18.383'		
更改後 4	N22° 36.951' E120° 15.877'	14	N22° 41.835' E120° 18.402'		
		15	N22° 41.859' E120° 18.423'		
		16	N22° 41.883' E120° 18.436'		
		17	N22° 41.918' E120° 18.446'		
		18	N22° 41.939' E120° 18.475'		
		19	N22° 41.962' E120° 18.478'		
		20	N22° 41.590' E120° 18.187'		

七、旗後山、半屏山、軍區的地面型誘集裝置誘集長腳捷蟻的樣點數與個體數

旗後山

	二月	三月	四月*	五月*	六月*	七月*	八月*	九月*	十月	十一月
樣點數	6	7	2	8	4	3	8	7	6	8
個體數	79	70	34	285	18	221	45	414	125	143
平均 (Mean ± SD)	13.2 ± 12.9	10.0 ± 6.3	17.0 ± 19.8	35.6 ± 24.0	4.5 ± 1.3	73.7 ± 45.6	5.6 ± 4.8	59.1 ± 37.8	20.8 ± 17.7	17.9 ± 22.4

半屏山

	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月
樣點數	1	4	6	4	6	5	9	13	13	11
個體數	9	6	99	190	28	339	235	584	208	365
平均 (Mean ± SD)	9.0 ± 0.0	1.5 ± 0.6	16.5 ± 34.6	47.5 ± 44.5	4.7 ± 3.8	67.8 ± 41.7	26.1 ± 23.8	41.7 ± 27.9	20.0 ± 14.8	35.8 ± 30.3

軍區

	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月
樣點數	6	7	5	3	3	2	5	6	5
個體數	120	151	149	34	233	39	99	100	83
平均 (Mean ± SD)	20.0 ± 20.9	21.6 ± 22.3	29.8 ± 13.2	11.3 ± 5.5	77.7 ± 49.7	19.5 ± 24.7	19.8 ± 20.0	16.7 ± 15.9	16.6 ± 8.3