

108 年度墾丁國家公園黃狂蟻防治監測成效評估計畫 墾丁國家公園管理處委託研究報告（108 年度）

「108 年度墾丁國家公園黃狂蟻防治監測成效評估計畫」

墾丁國家公園管理處委託研究報告

中華民國108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)

契約編號：486-107-05-493

「108 年度墾丁國家公園黃狂蟻防治監測成效評估計畫」

受委託者：國立彰化師範大學生物學系

研究主持人：林宗岐 教授

研助助理：許伯誠

墾丁國家公園管理處委託研究報告

中華民國108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)

108 年度墾丁國家公園黃狂蟻防治監測成效評估計畫

成果報告基本資料表

一、辦理單位	墾丁國家公園管理處			
二、受託單位	國立彰化師範大學生物學系			
三、年 度	108	計畫編號	486-107-05-493	
四、計畫性質	委託辦理			
五、計畫期間	108/01/03~108/12/31			
六、本期期間	108/01/03~108/12/31			
七、計畫經費	930 千元			
	資本支出	仟元	經常支出	元
	土地建築	仟元	人事費	637910 元
	儀器設備	仟元	業務費	14750 元
	其 他	仟元	差旅費	140000 元
			設備使用及維護費租金等	2880 元
			材料費	46440 元
			其 他	元
			雜支費	3475 元
			行政管理費	84545 元
八、摘要關鍵詞（中英文各三筆）	黃狂蟻、入侵種、超級群落 Yellow crazy ant, Invasive ant, Supercolony			
九、參與計畫人力資料：				
參與計畫人員姓名	工作要項或撰稿章節	現職與簡要學經歷	計畫參與期程	
林宗岐	研究規劃、試驗設計、資料分析、報告撰寫	國立彰化師範大學生物學系 教授	全程	
許伯誠	協助現地偵測工作、螞蟻種類鑑定、防治藥劑開發與室內測試、現場防治技術執行	國立彰化師範大學生物學系 研究助理	全程	

目 次

目 次	I
表 次	II
圖 次	III
摘 要	V
第一章 計畫主旨	1
第一節 主題	1
第二節 緣起	2
第三節 預期目標	3
第二章 計畫主題背景及有關文獻之檢討	5
第一節 外來入侵螞蟻 — 黃狂蟻	5
第二節 黃狂蟻的生態危害	8
第三節 黃狂蟻的調查與防治	9
第三章 調查方法與過程	13
第一節 調查範圍及過程	13
第二節 黃狂蟻族群的調查方法	13
第三節 墾丁國家公園的黃狂蟻防治	15
第四節 黃狂蟻的超級群落範圍與變動	17
第五節 園區陸蟹熱點區域中黃狂蟻監測及防治標準作業	18
第四章 成果	19
第一節 黃狂蟻調查樣點與防治樣點分布	19
第二節 黃狂蟻干擾程度分級	22
第三節 108 年各樣區黃狂蟻分布現況調查與防治成效評估	23
第四節 黃狂蟻的超級群落範圍與變動	46
第五節 園區陸蟹熱點區域中黃狂蟻監測及防治標準作業	48
第五章 結論與建議	53
附錄	59
參考書目	73

表 次

表一	黃狂蟻調查樣區各月份以人工蟻巢誘引盒誘集到黃狂蟻蟻巢數與蟻后數	24
表二	黃狂蟻調查樣區以餌站誘集到黃狂蟻的調查點數	27
表三	後灣樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況	44
表四	香蕉灣樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況	45
表五	砂島樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況	45
表六	湧泉區樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況	45
表七	港口樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況	45
表八	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況	47

圖 次

圖一	黃狂蟻/長腳捷山蟻工蟻.....	6
圖二	黃狂蟻分布於世界各地區的現況.....	6
圖三	黃狂蟻蟻后、生殖型工蟻、一般工蟻.....	7
圖四	液態餌站誘集到的黃狂蟻.....	14
圖五	黃狂蟻地上型餌站.....	16
圖六	樹上型與地上型黃狂蟻防治用誘餌裝置.....	16
圖七	黃狂蟻人工蟻巢誘引盒裝置.....	17
圖八	分布與監測調查位置圖.....	20
圖九	後灣海岸林的黃狂蟻監測樣點.....	20
圖十	香蕉灣的黃狂蟻監測樣點.....	20
圖十一	砂島的黃狂蟻監測樣點.....	21
圖十二	湧泉區 (1, 2) 的黃狂蟻監測點.....	21
圖十三	港口區的黃狂蟻監測樣點.....	21
圖十四	液態餌站所誘集到不同密度程度的黃狂蟻.....	22
圖十五	106 年 107 年與 108 年調查樣區以餌站誘集到黃狂蟻的調查點數百分比.....	26
圖十六	106 年 107 年與 108 年 2 至 12 月後灣樣區黃狂蟻分布狀況.....	30
圖十七	106 年 107 年與 108 年不同月份後灣樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖.....	31
圖十八	106 年 107 年與 108 年 2 至 12 月香蕉灣樣區黃狂蟻分布狀況.....	34
圖十九	106 年 107 年與 108 年不同月份香蕉灣樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖... ..	34
圖二十	106 年 107 年與 108 年 2 至 12 月砂島樣區黃狂蟻分布狀況.....	37
圖二十一	106 年 107 年與 108 年不同月份砂島樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖... ..	37
圖二十二	106 年 107 年與 108 年 2 至 12 月湧泉區樣區黃狂蟻分布狀況.....	40
圖二十三	106 年 107 年與 108 年不同月份湧泉區樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖.....	41
圖二十四	106 年 107 年與 108 年 2 至 12 月港口樣區黃狂蟻分布狀況.....	43
圖二十五	106 年 107 年與 108 年不同月份港口樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖... ..	44
圖二十六	攻擊行為試驗各調查樣區中黃狂蟻蟻巢的採樣位置圖.....	46
圖二十七	液態餌站所誘集到不同密度程度的黃狂蟻.....	49

圖二十八 墾丁地區液態餌劑誘引之螞蟻鑑定圖卡 52

摘 要

關鍵詞：長腳捷蟻、黃狂蟻、陸蟹、外來種、超級群落。

一、計畫緣起

在「106 年度墾丁國家公園黃狂蟻入侵狀況調查與防治策略研擬」、「106 年度港口地區黃狂蟻調查」及「107 年度墾丁國家公園黃狂蟻監測與防治計畫」的調查結果發現被國際保育聯盟 (IUCN) 列為世界百大入侵種的黃狂蟻 (*Anoplolepis gracilipes*)，已經在墾丁國家公園園區內主要的陸蟹分布熱區 (香蕉灣、砂島、湧泉區及港口) 有較高族群數量的分布，且在這兩年度的族群密度調查結果顯示，黃狂蟻已經在墾丁國家公園在部分陸蟹分布熱區中有形成的超級群落 (supercolony) 的現象，而造成墾丁陸蟹族群非常大的威脅。

二、方法及過程

本年度也將持續對於墾丁國家公園園區內陸蟹分布熱區中黃狂蟻分布族群密度較高的區域，進行液態餌劑與人工蟻巢誘引盒防治的防治作業，並持續評估兩種黃狂蟻的防治措施對於墾丁國家公園園區內的黃狂蟻防治成效，及評估黃狂蟻防治方法所潛在對於環境衝擊。將依據 106-108 年所進行三個年度黃狂蟻防治監測結果提出具體成效評估及後續管理建議，並建立園區陸蟹熱點區域中黃狂蟻監測及防治標準作業流程。目前計畫已完成後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區、港口等六個黃狂蟻監測調查樣區 6 次黃狂蟻監測調查 (2 月、4 月、6 月、8

月、12 月) 與 6 次黃狂蟻防治作業 (1 月、3 月、5 月、7 月、9 月、11 月)。並於香蕉灣、砂島、湧泉區及港口等樣區中設置 60 人工蟻巢誘引盒設施，並於每月進行回收進駐的蟻巢。

三、重要發現

目前至 108 年 12 月的研究成果顯示港口仍是有較高密度的黃狂蟻的分布，各調查月份均有 25% 以上的採樣點調查到黃狂蟻，其次是香蕉灣、湧泉及砂島，後灣的黃狂蟻數量仍最少。本年度主要黃狂蟻防治 (餌站防治與蟻巢誘引盒) 的後灣、香蕉灣、砂島、湧泉及港口區黃狂蟻的分布與密度都與去年明顯降低的趨勢。在不同樣區蟻巢間個體攻擊行為試驗的結果顯示，墾丁國家公園園區內的黃狂蟻族群已有形成超級群落的現象，在砂島與湧泉區的範圍間的蟻巢應屬於同一超級群落。

四、主要建議事項

1. 應該持續監測與調查陸蟹主要熱點區域中黃狂蟻的分布與數量密度狀況，適度可增加調查區域的數量與範圍，以確實了解此外來入侵螞蟻黃狂蟻的潛在族群狀況。
2. 目前調查除後灣外，其他陸蟹主要熱點區域都有一定程度黃狂蟻的分布與較高密度等級，尤其是湧泉區與砂島地區是目前黃狂蟻的分布最廣與密度最嚴重的區域黃狂蟻已有形成超級群落的現象，因此建議須持續對墾丁地區黃狂

蟻的進行防治作業。

3. 除進行一定程度的防治作業外，目前所調查結果顯示黃狂蟻的分布與一定程度的人為干擾有關，所以保護區中人為干擾現象的降低也是對黃狂蟻防治策略重要的關鍵。

Abstract

Keywords: *Anoplolepis gracilipes*, yellow crazy ant, land crab, invasive ant, supercolony.

1. Research background

Based on the survey findings of [Invasion status of *Anoplolepis gracilipes* at Kenting National Park in 2017 & research and development of treatment strategies], [Invasion status of *Anoplolepis gracilipes* at Gangkou area in 2017], [Invasion status of *Anoplolepis gracilipes* at Gangkou area in 2018], *A. gracilipes* (considered by the IUCN to be among the 100 worst invasive species in the world) has been present at land crab hotspots (Hsiangchiaowan, Shadao, Natural Spring and Gangkou) and form high-density populations, and the formation of supercolonies poses serious threat to the endemic land crab populations.

2. Research methods

This year, we have continued to investigate the distribution and density of *A. gracilipes* populations at land crab hotspots in Kenting National Park, and further understand the actual distribution of supercolonies and its seasonal variation. This year, treatment with liquid bait have be carried out as well in areas with high-density *A. gracilipes* populations. The effectiveness of liquid bait have be evaluated, and we also assess the potential environmental impacts of this treatment method. In the first half of this project, monitoring survey of *A. gracilipes* populations have been completed in 6 study sites (i.e., Houwan, Hsiangchiaowan, Shadao, two Natural Spring, and Gangkou), included six times of monitoring survey (February, April, June, August, October and December) and treatment operation (January, March, May, July, September and November), respectively. Furthermore, a total of 60 artificial nest was deployed around

several study sites (i.e., Houwan, Hsiangchiaowan, Shadao, Natural Spring and Gangkou). These artificial nest were inspected monthly and those successfully colonized by *A. gracilipes* have be collected back to the laboratory.

3. Important findings

According to 12 months of survey effort, results have indicated that Gangkou area still have higher density and wider distribution of *A. gracilipes* populations, where more than 25% of sample points were found with this ants in each survey month, followed by Hsiangchiaowan, Natural Spring and Shadao areas. The number of *A. gracilipes* workers in Houwan area was still the least. The distribution and density of *A. gracilipes* populations in those area (Houwan, Hsiangchiaowan, Shadao, Natural Spring and Gangkou) controlled by liquid bait and removal of artificial nest were significantly lower than last year. Based on the results of intraspecific aggression assay between nests from different study sites, there was a possible sign of supercolonies formation in Kenting National Park, where different nests in both Shadao and Natural Spring areas likely belong to the same supercolony.

4. Main suggestion

- i) It is crucial to continue to monitor the distribution and density of yellow crazy ants in the main land crabs hotspots as well as moderately expand the number and range of survey areas to truly understand the invasion of this ant species.
- ii) Apart from Houwan area, all other land crabs hotspots have certain degree of distribution and density of yellow crazy ants, where both Natural Spring and Shadao areas have the widest distribution and highest density of this invasive ants with signs of supercolonies formation. Hence, it is recommended to carry out the management and treatment of yellow crazy ants immediately.

iii) Other than chemical treatment, the current results have shown that the distribution of yellow crazy ants related to human disturbance to a certain degree. Therefore, the reduction of human disturbance inside the park also play a crucial role in the management of yellow crazy ants.

第一章、計畫主旨

一、主題

墾丁國家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黃狂蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 已進入園區並出現於陸蟹棲地 (王 2014、劉 2016)，有鑑於外來種黃狂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，因此有其必要針對黃狂蟻在墾丁國家公園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「106 年度墾丁國家公園黃狂蟻入侵狀況調查與防治策略研擬」、「106 年度港口地區黃狂蟻調查」及「107 年度墾丁國家公園黃狂蟻監測與防治計畫」的調查結果顯示，黃狂蟻在墾丁國家公園園區內主要的陸蟹分布熱區 (香蕉灣、砂島、湧泉區及港口) 已經出現有較高族群數量的分布，部分區域已有形成的超級群落 (supercolony) 的現象，成為墾丁陸蟹族群非常大的威脅。於上年度「107 年度墾丁國家公園黃狂蟻監測與防治計畫」中對於部分黃狂蟻陸蟹分布熱區 (香蕉灣、砂島、湧泉區及港口) 以液態餌站與人工蟻巢誘引盒進行黃狂蟻的防治作業，在砂島與湧泉區獲得不錯的防治成效，且有效降低防治區中黃狂蟻族群的分布與族群密度。

本年度將持續調查墾丁國家公園園區內主要的陸蟹分布熱區內黃狂蟻的分布與族群度，並更明確了解黃狂蟻超級群落 (supercolony) 實際分布範圍與季節變動。本年度也將對於墾丁國家公園園區內陸蟹分布熱區中黃狂蟻分布族群密度較高的區域，持續進行黃狂蟻的防治作業 (防液態餌站與人工蟻巢誘引盒)，並持續評估兩種防治作業於墾丁國家公園園區內的黃狂蟻防治成效，及評估黃

狂蟻與防治方法所潛在對於環境衝擊。

二、緣起

墾丁國家公園擁有豐富的陸蟹生態資源，其中又以後灣、香蕉灣、港口溪河口及溪仔口至出風鼻間之間海岸等地區為最重要的陸蟹棲息地。但由 105 年由劉烘昌博士所主持研究「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」的主要建議中，便記錄在香蕉灣與砂島地區的多處海岸林發現有被列名為世界百大外來種的黃狂蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 的出現，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。劉烘昌博士對於近年來陸蟹在繁殖季時陸蟹數量的大量減少，認為黃狂蟻族群量的快速增加是陸蟹生存有的威脅之一，是應該儘快進行黃狂蟻的防治以降低黃狂蟻的族群密度。因此於「106 年度墾丁國家公園黃狂蟻入侵狀況調查與防治策略研擬」、「106 年度港口地區黃狂蟻調查」及「107 年度墾丁國家公園黃狂蟻監測與防治計畫」已經的調查結果顯示在墾丁國家公園園區內主要的陸蟹分布熱區（香蕉灣、砂島、湧泉區及港口）有較高密度黃狂蟻族群數量的分布，且已經形成的超級群落 (supercolony) 現象，而成為墾丁陸蟹族群非常大的威脅，並於 8 月及 10 月墾丁陸蟹繁殖季陸蟹個體遷移降海釋幼的時期，進行黃狂蟻對於陸蟹干擾的觀察發現，的確明顯的發現陸蟹個體在遷移降海釋幼的過程中，被黃狂蟻攻擊的頻率非常明顯。

三、預期目標

1. 針對園區陸蟹主要熱點區域（香蕉灣、砂島兩個湧泉區、台 26 線靠海側海岸林、後灣遊憩區(一)海岸林及港口海岸林) 持續監測黃狂蟻分布與危害程度。
2. 針對園區陸蟹熱點區域中黃狂蟻族群密度較大的(香蕉灣、砂島兩個湧泉區、台 26 線靠海側海岸林、後灣遊憩區(一)海岸林及港口海岸林) 進行全面性液態餌劑的防治作業，持續每兩個月密度調查以調整施藥頻度。
3. 並於園區陸蟹熱點區域中設置人工蟻巢誘引盒裝置於黃狂蟻防治樣區中的落葉層中，於每月檢查蟻巢誘引盒並移除被誘集的蟻巢以降低黃狂蟻族群密度。
4. 評估中長期墾丁國家公園內黃狂蟻族群的防治策略及建議。
5. 並建立園區陸蟹熱點區域中黃狂蟻監測及防治標準作業流程。

第二章、計畫主題背景及有關文獻之檢討

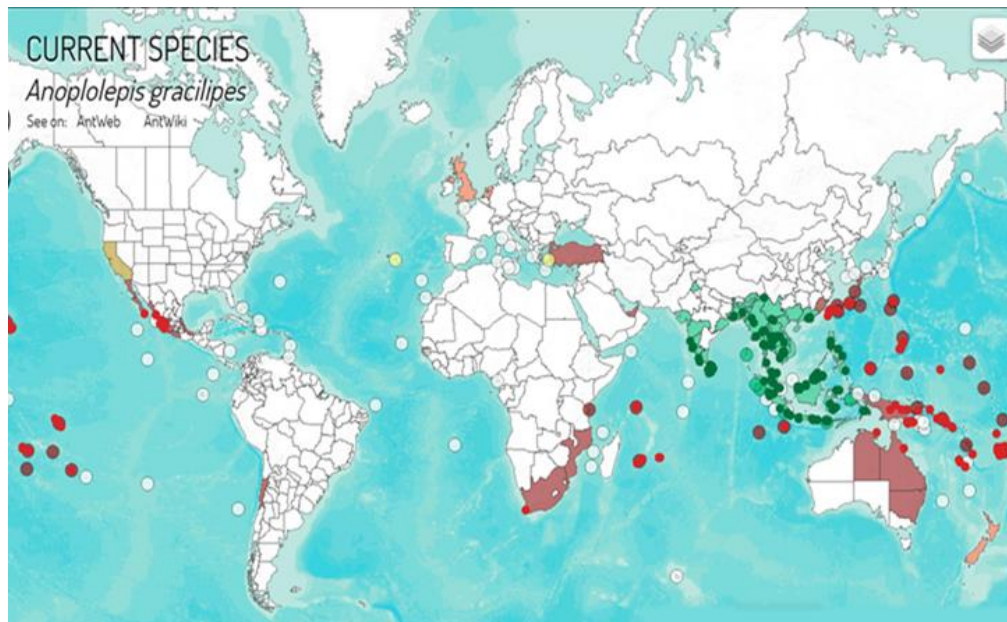
一、外來入侵螞蟻 — 黃狂蟻

黃狂蟻 (yellow crazy ant)(圖一) 是長腳捷山蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 的俗名，黃狂蟻隸屬於蟻科 (Formicidae)、山蟻亞科 (Formicinae)、捷山蟻屬 (*Anoplolepis*)，目前研究資料顯示黃狂蟻應該起源自南亞 (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 (圖二)，最受到關注的例子為黃狂蟻對於聖誕島的原生森林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)。

黃狂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*)、黃狂蟻 (*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*)與黃狂蟻 (*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 黃狂蟻/長腳捷山蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 工蟻。



圖二 黃狂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)(Ant map, 2019)。

黃狂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)。黃狂蟻蟻后體長約為 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，黃狂蟻工蟻依據腹部型態蟻及卵

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螞蟻、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的腹部，且有較一般工蟻擁有數量更多發育卵巢，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 黃狂蟻 (a)蟻后 (b)生殖型工蟻 (c) 一般工蟻。

黃狂蟻食性廣泛，此廣食性的覓食特性，增加黃狂蟻的入侵能力，黃狂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）。黃狂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。黃狂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) 研究顯示黃狂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。黃狂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）黃狂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、黃狂蟻的生態危害

近年來許多研究發現源自非洲西部的黃狂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，黃狂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。

以聖誕島黃狂蟻入侵為例，黃狂蟻於 1915 年到 1934 年間已經入侵該島，但長時間以來維持較低的族群密度，但直到 1989 年才第一次發現到有黃狂蟻超級群落的形成 (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% 被長腳捷山蟻所佔領，在這些形成超級群落的工蟻通常會在林地環境覓食，而黃狂蟻的密度足以對聖誕島上的一種關鍵物種紅地蟹 (*Gecarcoidea natalis*) 族群之生存造成嚴重衝擊，間皆導致熱帶雨林生態系統的組成和結構發生迅速變化，在短短幾年的時間裡，幾乎達三分之一的紅地蟹族群被黃狂蟻消滅 (O'Dowd *et al.* 2003)。黃狂蟻會殺害休憩在洞穴裡的陸蟹，霸佔

並使用洞穴為其巢穴。聖誕島上黃狂蟻危害的另一個案例是，黃狂蟻會飼養、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。黃狂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。黃狂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，黃狂蟻於入侵範圍內，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、黃狂蟻的調查與防治

目前，對於黃狂蟻入侵地區的調查偵測方法，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金槍魚罐頭)，作為調查黃狂蟻入侵面積及密度的方法 (O'Dowd *et al.* 2003, Abbott *et al.* 2005, Hoffmann *et al.* 2014)。黃狂蟻具有嗜糖和偏好液體食物的行為 (Chong, 2008)，延續前兩年度「106 年度墾丁國家公園黃狂蟻入侵狀況調查與防治策略研擬」、「106 年度港口地區黃狂蟻調查」及「107 年度墾丁國家公園黃狂蟻監測與防治計畫」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黃狂蟻入侵面積及密度的方法，本年度也將延續此調查方法以累積長期調查資料。

在聖誕島上對於黃狂蟻的防治上，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，黃狂蟻的活動降低超過 90%，但黃狂蟻的族群仍存在。若要黃狂蟻危害的面積控制在一定範圍下，固態餌劑的防治策略仍需黃狂蟻的族群在擴展時需要持續施藥 (Maple et al. 2016)。儘管早期防治策略上也嘗試使用愛美松、百利普芬及因得克等成分的防治餌劑，但其效果仍不如使用芬普尼餌劑理想。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，是可能減少黃狂蟻的族群數量與危害性。

在聖誕島黃狂蟻的防治上，黃狂蟻的生物防治法目前也有進行評估，研究發現黃狂蟻會自 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黃狂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黃狂蟻的族群發展 (Maple *et al.* 2016)。

而墾丁國家公園區內黃狂蟻爆發形成超級群落的原因是否與聖誕島的案列相似仍需進一步釐清，但在希望有效且長期穩定控制墾丁國家公園區域內黃狂蟻的族群密度，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。

螞蟻防治策略上，較有效的防治方式是使用餌劑防治，使工蟻取食後帶回巢中交哺分食給其他個體，間接使蟻后與蟻巢中其他個體因分食有毒性餌劑而死亡，進而抑制或消除整個蟻群 (Lee *et al.*, 2003; Lee, 2008, 2009)。但不同螞蟻的食性與取食偏好卻不迥相同，因此若要有效控制特定害蟲螞蟻，是須對不同螞蟻設計不同餌劑 (包括：劑型、誘引配方、藥劑種類、施放方式與時期等)。餌劑接受度和被帶回蟻巢的餌劑數量，對於餌劑的成功與否是極為重要的 (Forschler and Evans, 1994)。為了增加誘引力，近 10 年來開發多種不同的餌劑類型 (Greenberg *et al.*, 2006)，像是液態餌劑 (liquid baits)、凝膠餌劑 (gel baits)、糊狀餌劑 (paste baits)、顆粒狀餌劑 (granular baits)。許多對於不同種螞蟻的取食偏好研究，發現不同的螞蟻會有不同的餌劑設計，如：熱帶火蟻 (*Solenopsis geminate*) 和大頭家蟻屬種類 (*Pheidole* spp.) 偏好顆粒狀餌劑 (Loke and Lee, 2004)，相較於碳水化合物 (carbohydrate) 的食物，這兩個物種更喜歡以蛋白質 (protein) 和脂質 (lipid) 為基礎的食物；而長角黃山蟻 (*Paratrechina longicornis*) 與黃狂蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 則偏好液體和凝膠餌劑 (Lee, 2002; Chong, 2008; Chong and Lee, 2009a, b)；黑頭慌琉璃蟻 (*Tapinoma melanocephalum*) 和阿根廷蟻 (*Linepithema humile*) 偏好液體的餌劑劑型 (Klotz *et al.*, 1996, 1997a,b, 1998; Harris *et al.*, 2002)。熱帶火蟻和大頭家蟻在分類上是屬於家蟻亞科 (Myrmicinae) 的螞蟻，長角黃山蟻與黃狂蟻在分類上是屬於山蟻亞科 (Formicinae) 的螞蟻，黑頭慌琉璃蟻和阿根廷蟻在分類上是屬於琉璃蟻亞科 (Dolichoderinae) 的螞蟻。

第三章、調查方法與過程

一、調查範圍及過程

對於園區內陸蟹熱點區域（香蕉灣、砂島兩個湧泉區、台 26 線靠海側海岸林、後灣遊憩區海岸林及港口海岸林）建立調查與防治樣區，每個調查樣區規劃至少 60 個偵測點，規劃自 108 年 1 月起每 2 個月進行一次偵測點黃狂蟻族群與危害程度之偵測，並於下個月針對其中的黃狂蟻熱點樣區執行液態餌劑的防治作業（每樣點 4~6 次施藥），持續每兩個月密度調查以調整施藥頻度。每個調查樣區偵測點與防治點，均會以 GPS 標定，配合農委會的調查表格數據規定，提供國家公園管理處建立 GIS 系統資料。

二、黃狂蟻族群的調查方法

本計畫使用液態餌劑（10% w/v 蔗糖溶液）誘餌誘集法作為調查黃狂蟻入侵面積及密度的方法。將會使用 35mL 蔗糖溶液倒入 50 mL 離心管，並安裝在螞蟻液態誘集台，作為此調查使用的調查液態餌站（圖四）。

液態餌站將會設置於陸蟹熱點區域（香蕉灣、砂島兩個湧泉區、台 26 線靠海側海岸林、後灣遊憩區海岸林及港口海岸林），總計每個調查樣區每次調查設置 60 個偵測點，另外使用 GPS 標定偵測點。餌站放置時間設定於誘餌後約 30 分鐘後取回餌站，並用拍照或錄影的方式記錄於液態餌站台上的覓食螞蟻數量。



圖四 液態餌站誘集到的黃狂蟻 (餌站設置 30 分鐘後)。

黃狂蟻密度級數評估，以液態餌站在設置 30 分鐘左右誘引黃狂蟻數量為監測標準，並進行密度級數分級為 (第 0 級/無：餌站無黃狂蟻、第 1 級/輕度密度：餌站 5 隻以下黃狂蟻、第 2 級/中度密度：餌站 6~20 隻黃狂蟻、第 3 級/中高度密度：餌站 21~50 隻黃狂蟻、第 4 級/高度密度：餌站 51~100 隻黃狂蟻、第 5 級/嚴重密度：餌站超過 100 隻黃狂蟻)。密度等級之分級為本研究室所建立，參考之前在野外測試黃狂蟻活動高峰的實驗，在黃狂蟻活動高峰期間螞蟻數量可高達兩百多隻。國外研究以卡片計數法 (以調查樣線) 調查黃狂蟻入侵面積及密度，如一條調查樣線的卡片上螞蟻平均數量超過 37 隻工蟻，該地段將被評估擁有超級群落 (supercolony) 的潛在性 (Boland *et al.* 2011)，在此密度下陸蟹的族群數量將會有威脅，因此將 30 分鐘調查餌站黃狂蟻在 21~50 隻，定為第 3 級 (中高度密度)。也本年度將依據各調查樣區中各月份所調查的族群密度狀況，以第 3

級（中高度密度）以上族群密度的調查樣點將被預設定為具有超級群落的潛在地點，藉此評估調查樣區內黃狂蟻超級群落（supercolony）實際分布範圍與季節變動。

三、墾丁國家公園的黃狂蟻防治

黃狂蟻的防治方法與一般有害螞蟻的防治方法類似，不能用以處理一般農業與環境害蟲的觸殺型藥劑防治方法來執行，因為螞蟻的生態行為中，在外覓食工蟻僅占蟻巢個體的 10~30% 左右，因此利用觸殺型的殺蟲藥劑僅能噴灑到蟻巢外活動的個體，蟻巢內大量的工蟻、幼蟲及蟻后均無法有效的滅除，而成為防治上的盲點大大降低防治成效，並增加環境藥害與螞蟻抗藥性的累積，且使用觸殺型藥劑防治黃狂蟻在墾丁國家公園區內是不可行的防治方法。本計畫將於陸蟹熱點區域（香蕉灣、砂島兩個湧泉區、台 26 線靠海側海岸林、後灣遊憩區(一)海岸林及港口海岸林），每個調查樣區中各設置 60 個防治點，並於調查發現黃狂蟻的調查樣點進行。液態防治液態餌劑的防治。餌劑配置將以每次 50 CC10% (w/v) 蔗糖水濃度混合 2% 四硼酸鈉 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 進行黃狂蟻防治，並將液態餌劑防治餌劑將設置位置設置地上型餌站（圖五）或樹上型餌站（圖六），地上型誘餌台將放置於網盒中避免其他生物如陸蟹等誤食，液態餌劑放置後 24 小時回收。

並依照黃狂蟻的的行為生態習性：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) (圖七) 裝置，除可利用於環境中黃狂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黃狂蟻防治樣區中的落葉層中，於 1 個月後檢查蟻巢誘引盒中是否有黃狂蟻進駐，若有則將蟻巢誘引盒封口放置於夾鏈袋中攜回進行分析，並放置新的蟻巢誘引盒於同一地點，蟻巢誘引盒無蟻巢進駐，則可更換其他黃狂蟻出現區地點。



圖五 黃狂蟻地上型餌站 (左：地上誘餌站所有裝置；右：餌站放置樣貌)。



圖六 樹上型與地上型黃狂蟻防治用誘餌裝置。



圖七 黃狂蟻人工蟻巢誘引盒裝置。

四、黃狂蟻的超級群落範圍與變動

通過不同蟻巢個體間攻擊行為試驗 (Intraspecific aggression assay) 來探討墾丁國家公園園區內的黃狂蟻族群是否有形成超級群落的現象。於各樣區各別採集 3 個蟻巢，蟻巢之間距離至少超過二十公尺以上。於研究室中，對於來自不同蟻巢的工蟻個體彼之間進行攻擊行為試驗，包括來自同一樣區的蟻巢之間和來自不同樣區的蟻巢之間。

個體間攻擊行為試驗 (Intraspecific aggression assay) 是以來自不同蟻巢的工蟻以一對一的行為觀察，並記錄以量化攻擊行為分數等級 (Abbott *et al.* 2007, Drescher *et al.* 2010, Giraud *et al.* 2002)。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)：以觸角在另一隻螞蟻的某處重複敲擊；

「2 分」迴避 (Avoidance)：一隻或兩隻螞蟻在接觸後向相反方向後退；

「3 分」曲背 (Dorsal flexion) 防禦：腹錘彎曲前伸，將酸線孔朝前端，化學防禦動作；

「4 分」攻擊 (Aggression)：咬或拉扯四肢或頭部，或釋放毒液；

「5 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，記錄 10 分鐘間兩隻來自不同蟻巢的螞蟻之間最高的互動行為，用於攻擊行為試驗的工蟻個體不會重複使用。統計分析記錄每一個試驗重複所得到的最高行為得分併計算其平均值，這個平均值則用於分析方面；2 分以上的行為得分屬於有攻擊性行為，因此平均值 2 分以上則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。以套裝軟 SPSS Statistics 20.0 進行無母數 K 組獨立樣本比較分析 (Kruskal-Wallis test)，分析各組合的螞蟻個體之間（包括同一樣區的蟻巢之間和來自不同樣區的蟻巢之間）的行為得分是否有顯著差異，再以 Dunn's test 進行事後檢定。

五、園區陸蟹熱點區域中黃狂蟻監測及防治標準作業

將依據 106-108 年所進行三個年度黃狂蟻防治監測結果，提出具體監測及防治標準作業(SOP)，標準作業程序中將包括：(1) 黃狂蟻調查樣點地調查與防治技術、(2) 螞蟻鑑定方法、(3) 黃狂蟻密度指標指數建立等。

第四章、成果

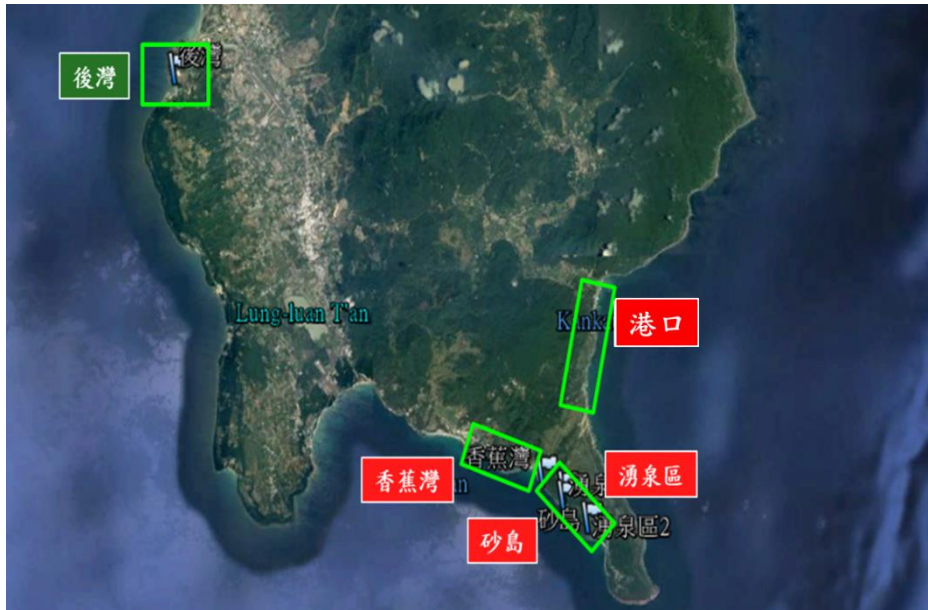
一、黃狂蟻調查樣點與防治樣點分布

本計畫接續 107 年的墾丁國家公園入侵黃狂蟻監測與防治計畫，於後灣海岸林、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區和港口等六個陸蟹熱點區域(圖八) 分別建立 60、61、61、120 (60+60)及 62 個黃狂蟻監測調查樣點，各樣區的調查樣點分布如圖九至圖十三所示。後灣海岸林樣區樣點多分布於海岸林周邊以及內部一條步道；香蕉灣與砂島樣區樣點分布於外圍車道及數條內部步道，車道路長約 1000 公尺和 1600 公尺；兩座湧泉區樣點分布於外圍車道、湧泉區周邊管線區及農田，車道路長約 1600 公尺；港口樣區樣點分布於車道周邊，範圍長約 1600 公尺。

本計畫比較於前期 107 年的墾丁國家公園入侵黃狂蟻監測與防治計畫，不再執行定點性的防治，而是根據前一個月的黃狂蟻監測資料，將六個監測樣區中有出現黃狂蟻危害的樣點，於下個月均設置地上餌站或樹上型餌站，以每次 50 CC 10% (w/v) 蔗糖水濃度混合 2% 硼砂的液態餌劑進行黃狂蟻防治。液態餌劑放置後 48 小時回收。本計畫於 108 年 1 月、3 月、5 月、7 月、9 月、11 月在各防治樣點進行一次黃狂蟻防治，並於 108 年 2 月、4 月、6 月、8 月、10 月、12 月進行黃狂蟻族群分布調查，並比較防治區域中黃狂蟻族群數量的增減，以評估餌劑防治對於黃狂蟻族群分布之影響。

人工蟻巢誘引盒設施防治方法則是在香蕉灣、砂島、湧泉區及港口等樣區中黃狂蟻危害的區域設置蟻巢誘引盒設置，108 年各區設置點分別為香蕉灣 6 個、砂島 10 個及港口 44 個，共計 60 個誘引盒。並於每月進行蟻巢誘引盒的檢查，

若發現有黃狂蟻蟻巢進住，則將人工蟻巢誘引盒密封後取回，並放置新的蟻巢誘引盒於同一地點。



圖八 分布與監測調查位置圖（後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區和港口）。



圖九 後灣海岸林的黃狂蟻監測樣點（樣點數：60）。



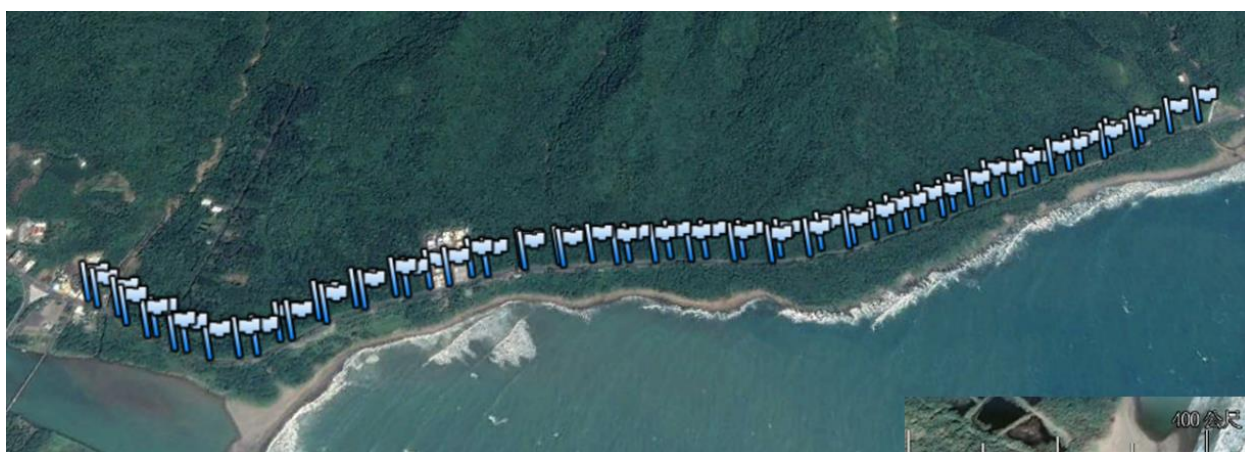
圖十 香蕉灣的黃狂蟻監測樣點（樣點數：61）。



圖十一 砂島的黃狂蟻監測樣點 (樣點數：61)。



圖十二 湧泉區 (1, 2) 的黃狂蟻監測點 (樣點數：120)。



圖十三 港口區的黃狂蟻監測樣點 (樣點數：62)。

二、黃狂蟻干擾危害程度分級

黃狂蟻密度級數評估，以液態餌站在設置 30 分鐘左右誘引黃狂蟻數量為監測標準，並進行密度級數分級為（第 0 級/無：餌站無黃狂蟻、第 1 級/輕度密度：餌站 5 隻以下黃狂蟻、第 2 級/中度密度：餌站 6~20 隻黃狂蟻、第 3 級/中高度密度：餌站 21~50 隻黃狂蟻、第 4 級/高度密度：餌站 51~100 隻黃狂蟻、第 5 級/嚴重密度：餌站超過 100 隻黃狂蟻）(圖十四)。密度等級之分級為本研究室所建立，參考之前在野外測試黃狂蟻活動高峰的實驗，在黃狂蟻活動高峰期間螞蟻數量可高達兩百多隻。國外研究以卡片計數法（以調查樣線）調查黃狂蟻入侵面積及密度，如一條調查樣線的卡片上螞蟻平均數量超過 37 隻工蟻，該地段將被評估擁有超級群落 (supercolony) 的潛在性 (Boland *et al.* 2011)，在此密度下陸蟹的族群數量將會有威脅，因此將 30 分鐘調查餌站黃狂蟻在 21~50 隻，定為第 3 級（中高度密度）。依據各調查樣區中各月份所調查的族群密度狀況，以第 3 級（中高度密度）以上族群密度的調查樣點將被預設定為具有超級群落的潛在地點，藉此評估調查樣區內黃狂蟻超級群落 (supercolony) 實際分布範圍與季節變動。



圖十四 液態餌站所誘集到不同密度程度的黃狂蟻（由左至右分別為密度程度一級至五級）。

三、108 年各樣區黃狂蟻分布現況調查與防治成效評估

本年度計畫期中報告前於後灣海岸林、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區、港口等六個黃狂蟻監測調查樣區，已完成 6 次黃狂蟻監測調查（2、4、6、8、10、12 月）與 6 次黃狂蟻防治作業（1、3、5、7、9、11 月）。此外，已於 107 年 12 月和 108 年 1 月分別完成設置香蕉灣、砂島、港口樣區的 60 個人工蟻巢誘引盒設置作業（香蕉灣 6 個、砂島 10 個、港口 44 個），並於 108 年 2 月起開始進行每個月一次人工蟻巢誘引盒的檢查與回收作業。

人工蟻巢誘引盒

人工蟻巢誘引盒初步回收資料所顯示，在設置的 60 個人工誘引盒地點中 9 個月內（108 年 2 月~12 月）共採獲 115 巢黃狂蟻其中包括 424 隻蟻后（表一），分別為 2 月份 18 巢（砂島 5 巢、港口 13 巢）、3 月份 10 巢（港口 10 巢）、4 月份 7 巢（港口 7 巢）、5 月份 15 巢（香蕉灣 3 巢、砂島 3 巢、港口 9 巢）、於 6 月份 13 巢（香蕉灣 2 巢、港口 11 巢）、於 7 月份 7 巢（砂島 2 巢、港口 5 巢）、於

8 月份 11 巢 (香蕉灣 2 巢、港口 9 巢)、於 9 月份 14 巢 (砂島 3 巢、港口 11 巢)、於 10 月份 15 巢 (香蕉灣 4 巢、港口 11 巢)以及 12 月份 5 巢 (香蕉灣 1 巢、砂島 3 巢、港口 1 巢)。這些誘集到黃狂蟻的蟻巢內各階級個體數分別為：工蟻數量約在 1200~2500 隻間，蟻后數大致介於 2~24 隻間，其中 2 月份於港口的一個誘引盒中採獲 179 隻蟻后，誘集到黃狂蟻的蟻巢內均具有大量的幼期個體 (卵、幼蟲及蛹)。

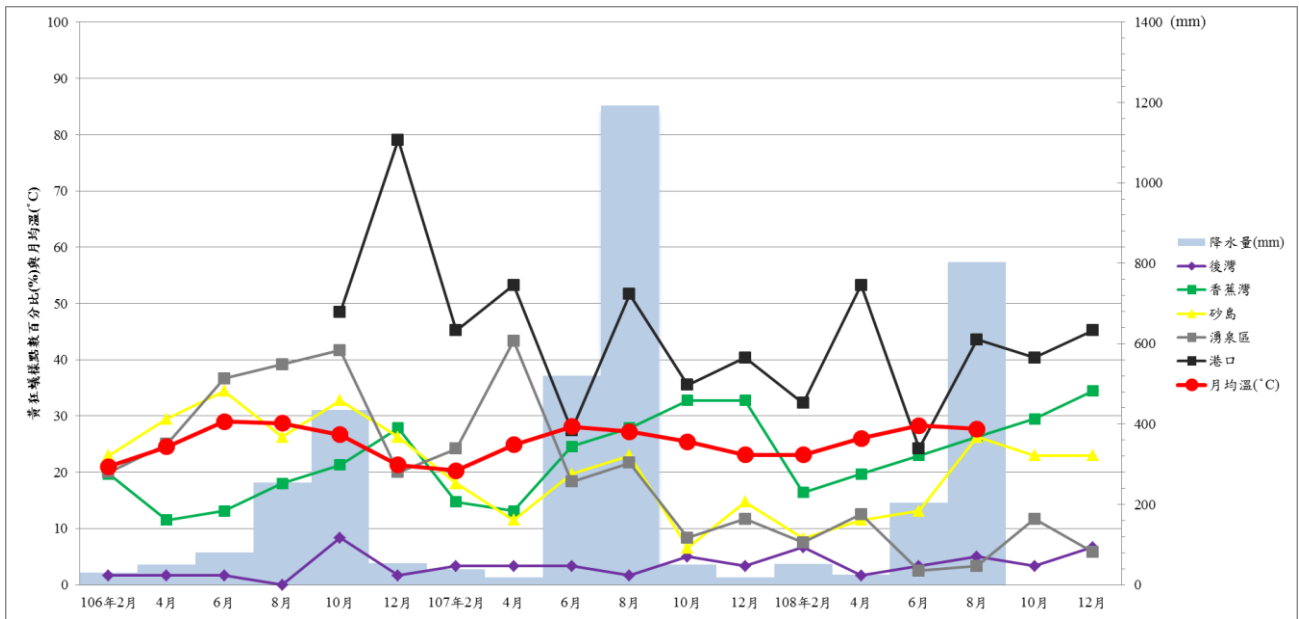
表一 墾丁國家公園黃狂蟻調查樣區 (香蕉灣、砂島、港口) 各月份以人工蟻巢誘引盒誘集到黃狂蟻蟻巢數與蟻后數

樣區	誘引盒數	108/2	108/3	108/4	108/5	108/6	108/7	108/8	108/9	108/10	108/12	總和
香蕉灣	6	0	0	0	3	2	0	2	0	4	1	12
砂島	10	5	0	0	3	0	2	0	3	0	3	16
港口	44	13	10	7	9	11	5	9	11	11	1	87
蟻巢總計	60	18	10	7	15	13	7	11	14	15	5	115
蟻后總計		186	2	12	72	20	27	28	53	22	2	424

各樣區黃狂蟻分布密度調查

106 年度、107 年度和 108 年度各樣區的黃狂蟻分布調查結果如圖十五與表二所示，108 年度各樣區以港口的黃狂蟻分布密度較高，在各調查月份平均有 20% 以上的採樣點調查到黃狂蟻，其中以 4 月份的 33 個樣點 (53.2%) 調查到黃狂蟻為最高，最低為 6 月份的 15 個樣點 (24.2%)。後灣樣區各調查月份的黃狂蟻分布均在 7% 以下，其中以 2 月份的 4 個樣點 (6.7%) 調查到黃狂蟻為最高。

香蕉灣在各調查月份平均有 15% 以上的採樣點調查到黃狂蟻，但有逐月上升的趨勢，其中以 10 月份的 18 個樣點 (29.5%) 調查到黃狂蟻為最高。砂島樣區的黃狂蟻也有逐月上升的趨勢，其中以 8 月份的 16 個樣點 (26.2%) 調查到黃狂蟻為最高。湧泉區在各調查月份的黃狂蟻分布均在 15% 以下，其中以 4 月份的 15 個樣點 (12.5%) 調查到黃狂蟻為最高，但在隔月 6 月降低到 3 個樣點 (2.5%) 最低，但在 10 月有上升的趨勢。三個年度的調查資料進行比較，後灣樣區是 6 個樣區中黃狂蟻分布最少的樣區，三年的年度變化也較平穩無起伏之變化。香蕉灣樣區的黃狂蟻樣點在三個年度中以 107 年度較為嚴重，且在 107 年 4 月起有逐月上升趨勢，到了 108 年度 2 月有下降但開始有逐月上升趨勢，在 108 年 12 月達到三年度最高的 21 個樣點 (34.4%)。砂島的黃狂蟻樣點在三個年度中以 106 年度最高，107 年度與 108 年度均較為下降，但在 108 年 8 月和 10 月上升，但是至 12 月有減緩趨勢。湧泉區樣區的黃狂蟻分布在三個年度中以 106 年度 6 月至 10 月最高，但在 106 年 12 月有明顯下降，在 107 年 2 月開始上升，並在 4 月達到最高的樣點百分比，而從 107 年 6 月至 108 年 12 月有逐月下降的趨勢。港口樣區的黃狂蟻樣點以 106 年度 12 月最高 (79.0%)，而至 107 年和 108 年的黃狂蟻危害除了在 107 年和 108 年的 6 月都有明顯下降，均在 30% 至 50% 之間。



圖十五 106、107、108 年墾丁國家公園黃狂蟻調查樣區以餌站誘集到黃狂蟻的調查點數百分比與月均溫、降水量(氣候資料來自大氣水文研究資料庫，統計至 108 年 8 月)。

第四章成果

表二 墾丁國家公園黃狂蟻調查樣區（後灣、香蕉灣、砂島、湧泉、港口）以餌站誘集到黃狂蟻的調查點數（106年2月至108年12月雙數月份調查結果）

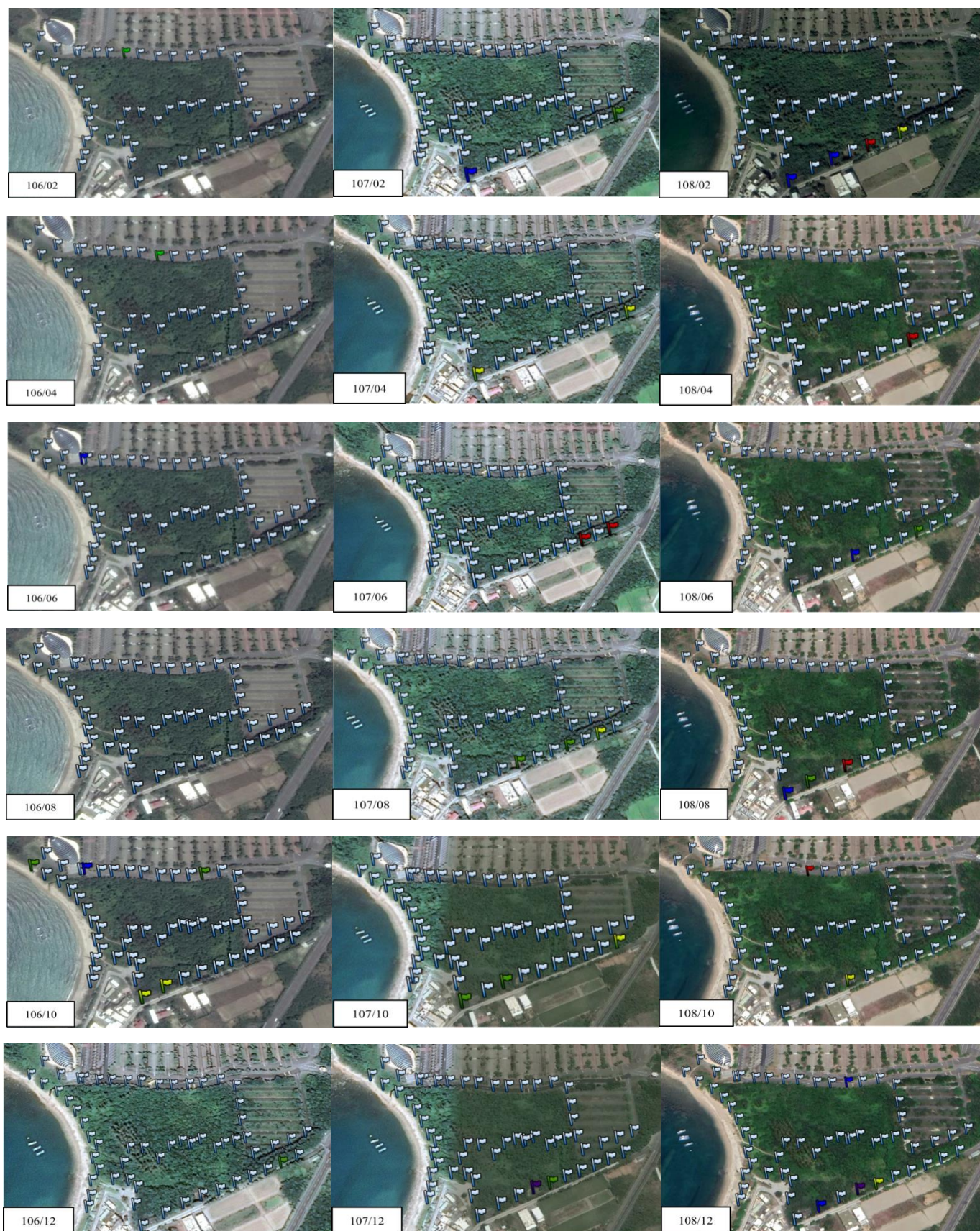
調查 樣點數	106/2	106/4	106/6	106/8	106/10	106/12	107/2	107/4	107/6	107/8	107/10	107/12	108/2	108/4	108/6	108/8	108/10	108/12
後灣 (60)	1 (1.7%)	1 (1.7%)	1 (1.7%)	0 (1.7%)	5 (8.3%)	1 (1.7%)	2 (3.3%)	2 (3.3%)	2 (3.3%)	1 (1.7%)	3 (5%)	2 (3.3%)	4 (6.7%)	1 (1.7%)	2 (3.3%)	3 (5%)	2 (3.3%)	4 (6.7%)
香蕉灣 (61)	12 (19.7%)	7 (11.4%)	8 (13.1%)	11 (18.0%)	13 (21.3%)	17 (27.9%)	9 (14.8%)	8 (13.1%)	15 (24.6%)	17 (27.9%)	20 (32.8%)	20 (32.8%)	10 (16.4%)	12 (19.7%)	14 (23.0%)	16 (26.2%)	18 (29.5%)	21 (34.4%)
砂島 (61)	14 (23.0%)	18 (29.5%)	21 (34.4%)	16 (26.2%)	20 (32.8%)	16 (26.2%)	11 (18.0%)	7 (11.4%)	12 (19.7%)	14 (23.0%)	4 (6.6%)	9 (14.8%)	5 (8.1%)	7 (11.4%)	8 (13.1%)	16 (26.2%)	14 (23.0%)	14 (23.0%)
湧泉區 (120)	24 (20.0%)	30 (25.0%)	44 (36.7%)	47 (39.2%)	50 (41.7%)	24 (20.0%)	29 (24.2%)	52 (43.3%)	22 (18.3%)	26 (21.7%)	10 (8.3%)	9 (11.7%)	9 (7.5%)	15 (12.5%)	3 (2.5%)	4 (3.3%)	14 (11.7%)	7 (5.83%)
港口 (62)					30 (48.4%)	49 (79.0%)	28 (45.2%)	33 (53.2%)	17 (27.4%)	32 (51.6%)	22 (35.5%)	25 (40.3%)	20 (32.2%)	33 (53.2%)	15 (24.2%)	27 (43.5%)	25 (40.3%)	28 (45.2%)

註1：粗體字為當年度各樣區中最高黃狂蟻樣點數；紅字代表三年調查期間中最高黃狂蟻樣點數。

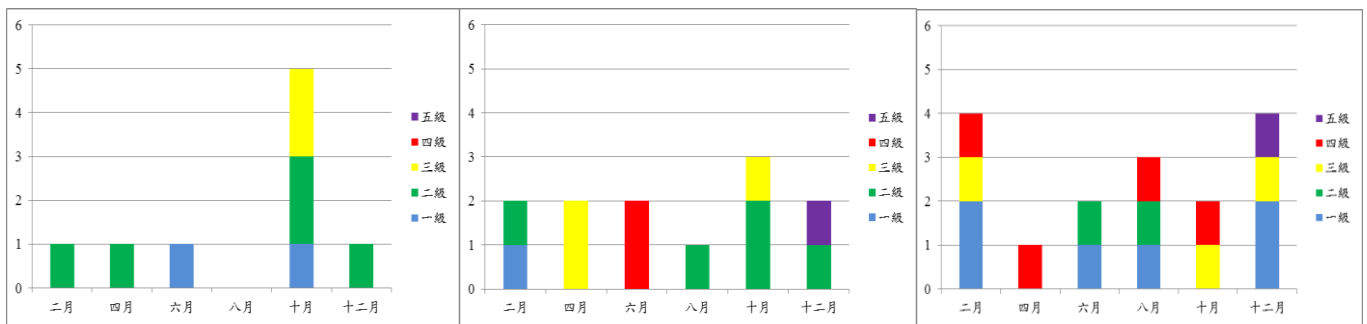
1. 後灣樣區黃狂蟻分布現況

108年2月在後灣海岸林樣區的61個樣點中，有4個樣點發現黃狂蟻(圖十六)，其中有2個樣點達到一級輕度危害、有1個樣點達到三級中高度危害、有1個樣點達到四級高度危害，其分布位置位於樣區南邊車道兩端。4月的樣點中，有1個樣點達到四級高度危害，其分布位置位於樣區南邊車道中間。6月的樣點中，有1個樣點達到一級輕度危害、有1個樣點達到二級中度危害，其分布位置均位於樣區南邊車道上。8月的樣點中，有1個樣點達到一級輕度危害、有1個樣點達到二級中度危害，1個樣點四級高度危害，其分布位置均位於樣區南邊車道上。10月的樣點中，有1個樣點達到三級中高度危害，位置分布於樣區南邊車道上；有1個樣點達到四級高度危害，其分布位置均位於樣區北邊停車場旁。12月的樣點中，有2個樣點達到一級輕度危害，有1個樣點達到四級高度危害，其分布位置均位於樣區南邊車道上和北邊停車場旁。

後灣海岸林樣區是本計畫6個墾丁樣區中黃狂蟻分布比較少且侷限的地區，將108年與106年度、107年度的黃狂蟻調查資料作比較(如圖十六和圖十七)，106年黃狂蟻的分布位於樣區北側靠近國立海洋生物博物館停車場周邊範圍，但在10月開始在樣區南邊的車道上出現黃狂蟻；107年和108年度黃狂蟻的分布大部分位於樣區南邊車道上，只有在108年10月在樣區北邊的博物館停車場周邊有出現黃狂蟻。106年的黃狂蟻的危害程度不大，危害程度在一級至二級之間；107年和108年黃狂蟻的危害程度均有四級高度危害甚至有五級嚴重危害，且均分布於樣區南邊的不同樣點上，顯示有擴張分布之趨勢。



圖十六 106 年 107 年與 108 年 2、4、6、8、10、12 月後灣樣區黃狂蟻分布狀況 (白無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重)。



圖十七 106年(左)、107年(中)和108年度(右)不同月份後灣樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。

2. 香蕉灣樣區黃狂蟻分布現況

108年2月香蕉灣樣區的61個樣點中，有10個樣點發現黃狂蟻(圖十八)，其中5個樣點屬於一級輕度危害、4個樣點屬於二級中度危害，1個樣點屬於三級中高度危害。黃狂蟻分布區域多靠近海岸林與車道的邊界上。

4月的樣點中，有12個樣點發現黃狂蟻，其中2個樣點屬於一級輕度危害、5個樣點屬於二級中度危害、3個樣點屬三級中高度危害、1個樣點達到四級高度危害、1個樣點達到五級嚴重危害。黃狂蟻分布區域多靠近海岸林與車道的邊界上，其中四級和五級危害分別分布在樣區南部和北部的車道邊界上。

6月的樣點中，有14個樣點發現黃狂蟻，其中5個樣點屬於二級中度危害、6個樣點屬於三級中高度危害、1個樣點屬四級高度危害、2個樣點達到五級嚴重危害。108年度黃狂蟻危害較嚴重的區域位於樣區中部路邊及海岸林。

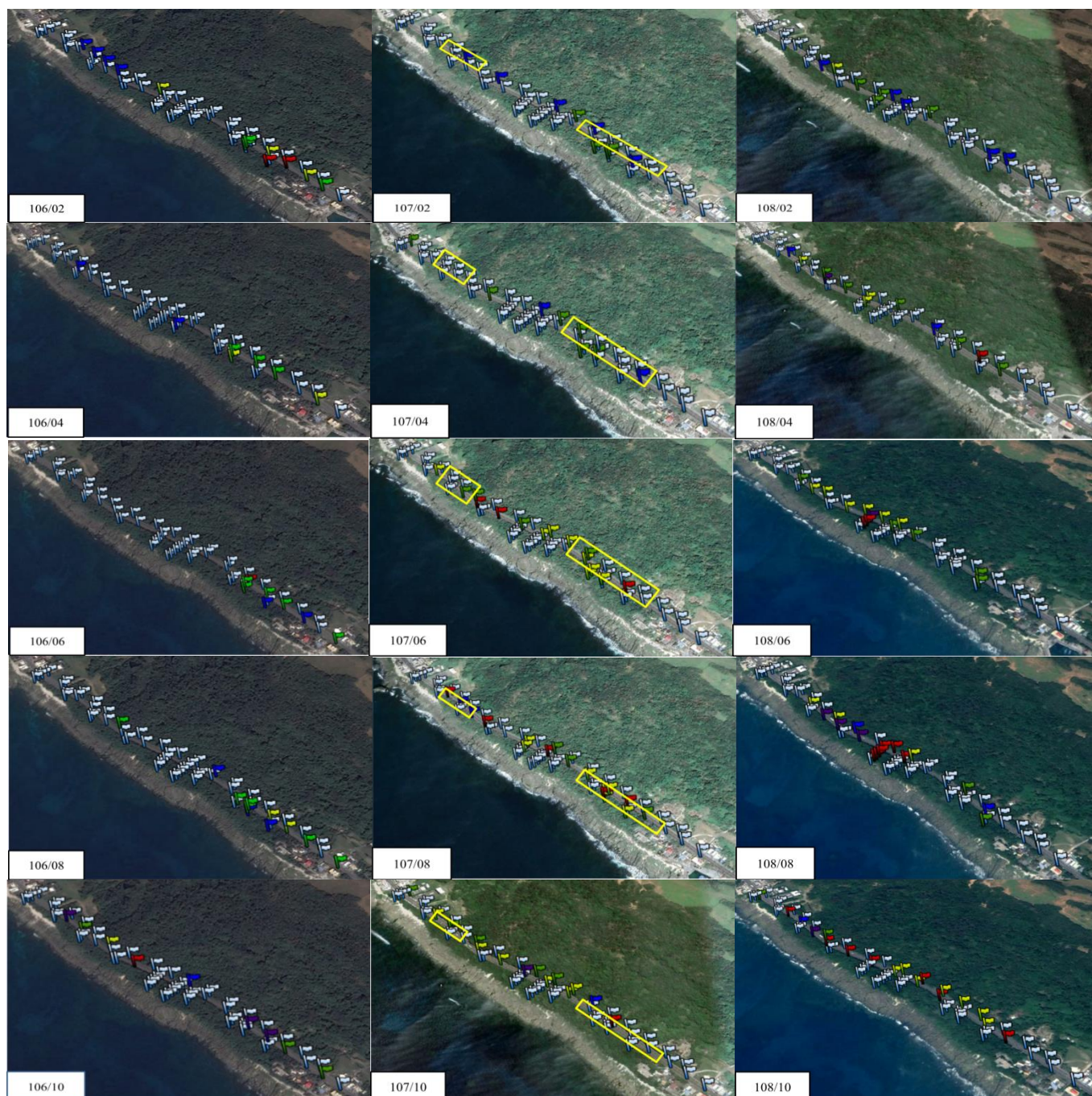
8月的樣點中，有16個樣點發現黃狂蟻，其中2個樣點屬於一級輕度危害、2個樣點屬於二級中度危害、3個樣點屬於三級中高度危害、6個樣點屬四級高度危害、3個樣點達到五級嚴重危害。黃狂蟻危害較嚴重的區域位於樣區中部路邊及海岸林內。

10 月的樣點中，有 18 個樣點發現黃狂蟻，其中 1 個樣點屬於一級輕度危害、2 個樣點屬於二級中度危害、7 個樣點屬於三級中高度危害、7 個樣點屬四級高度危害、1 個樣點達到五級嚴重危害。黃狂蟻危害較嚴重的區域位於樣區中部的海岸林周邊車道上。

12 月的樣點中，有個樣點發現黃狂蟻，其中 3 個樣點屬於一級輕度危害、3 個樣點屬於二級中度危害、1 個樣點屬於三級中高度危害、6 個樣點屬四級高度危害、8 個樣點達到五級嚴重危害。黃狂蟻危害較嚴重的區域較集中於樣區中部的周邊車道和海岸林。

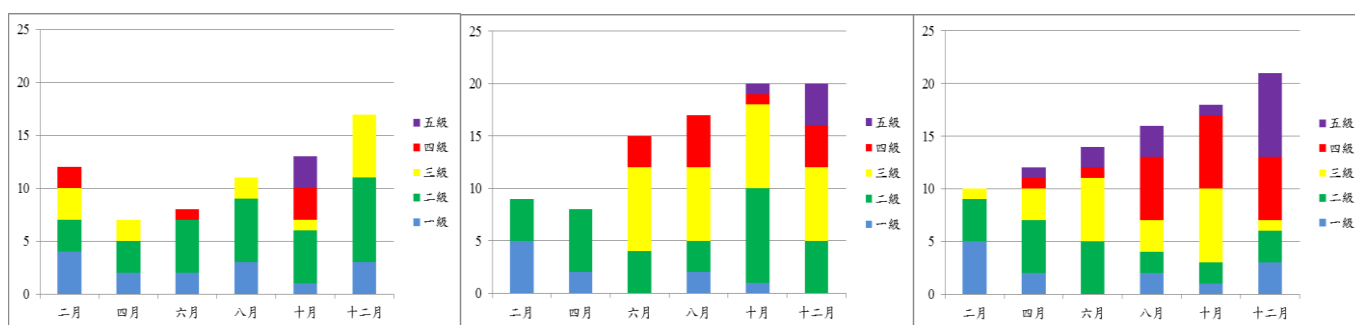
將 106 年、107 年與 108 年度的黃狂蟻調查資料作比較 (如圖十八和圖十九)，香蕉灣樣區的黃狂蟻調查樣點數在三個年度調查顯示黃狂蟻的分布變化不大約在均維持在 20% 以下，但於每年下半年進入秋冬季時黃狂蟻族群分布會上升趨勢，是全年分布較多的時段。106 年度有高度和嚴重危害級數的月份多集中於 10 月，而分布以 12 月較為廣泛。在 107 年度在香蕉灣樣區南部分布有逐漸減少，但在中部和北部均有黃狂蟻分布出現，107 年的 4 月和 10 月在樣區西北靠近船帆石附近的樣點出現黃狂蟻，在 12 月在樣區中部有 3 個樣點出現五級嚴重危害，顯示黃狂蟻已從原來的香蕉灣南邊向北遷移，並已在樣區中部有高密度族群。107 年的香蕉灣樣區自 6 月起開始出現四級的高度危害，並以 10 月和 12 月最為嚴重。108 年黃狂蟻的分布範圍跟 107 年度相近，黃狂蟻較集中於樣區中部的周邊車道和海岸林。108 年度黃狂蟻分布有逐月增加的趨勢，有高度和嚴重危害級數的月份多集中於 10 月和 12 月，並以 12 月較為嚴重。107 年 7 月與 108 年 8、

9月陸續因為墾丁地區暴雨與土石流影響，造成香蕉灣樣區內海岸林的地景植被受到較大干擾破壞，海岸林森林結構的破碎化所造成的森林孔隙是讓屬於適合干擾陽性環境生存的黃狂蟻提供侵入與築巢的環境，應該是造成自107年後半年起香蕉灣黃狂蟻族群密度逐漸增高的可能原因之一。





圖十八 106 年、107 年與 108 年度 2、4、6、8、10、12 月香蕉灣樣區黃狂蟻分布狀況 (白：無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重；方塊處為 107 年度防治區域)。



圖十九 106 年(左)、107 年(中)和 108 年度(右)不同月份香蕉灣樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。

3. 砂島樣區黃狂蟻分布現況

108 年 2 月在砂島樣區樣點的 61 樣點中，有 5 個樣點發現黃狂蟻 (圖二十)，其中 4 個樣點屬於一級輕度危害、1 個樣點屬於二級中度危害。黃狂蟻出現地點多位於樣區中間和南邊的車道邊界上。

4 月的樣點中，有 7 個樣點發現黃狂蟻，其中 1 個樣點屬於一級輕度危害、4 個樣點屬於二級中度危害、2 個樣點屬三級中高度危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區南邊的車道邊界上，北部的海岸林中只有 1 個樣點有出現黃狂蟻。

6 月的樣點中，有 8 個樣點發現黃狂蟻，其中 2 個樣點屬於一級輕度危害、5 個樣點屬於二級中度危害、1 個屬於四級高度危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區南邊的車道及週邊海岸林。

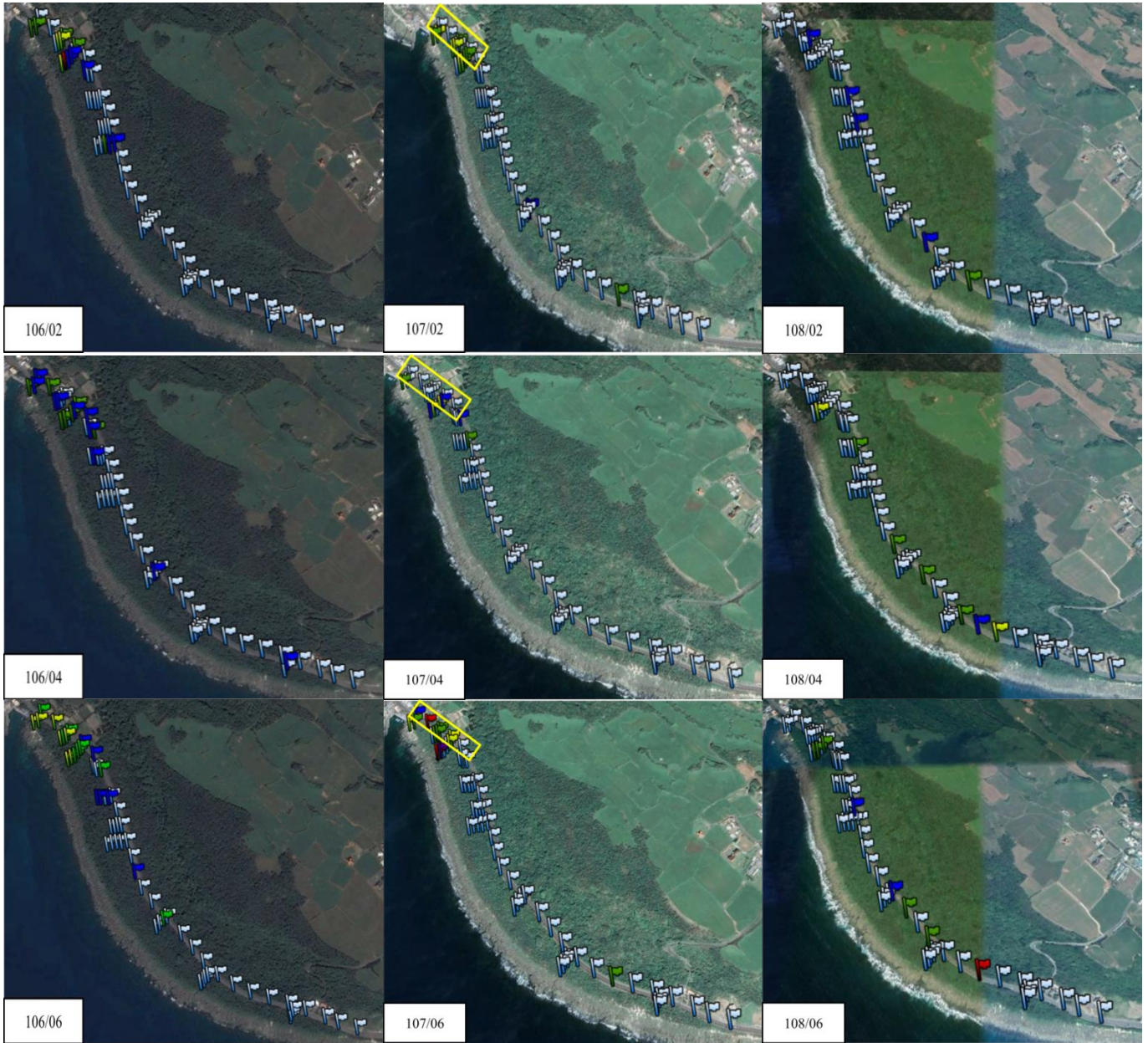
8月的樣點中，有16個樣點發現黃狂蟻，其中3個樣點屬於一級輕度危害、6個樣點屬於二級中度危害、6個樣點屬於三級中高度危害、有1個樣點達到五級嚴重危害。黃狂蟻出現地點多位於樣區南邊的車道，北邊的海岸林中有零星分布。

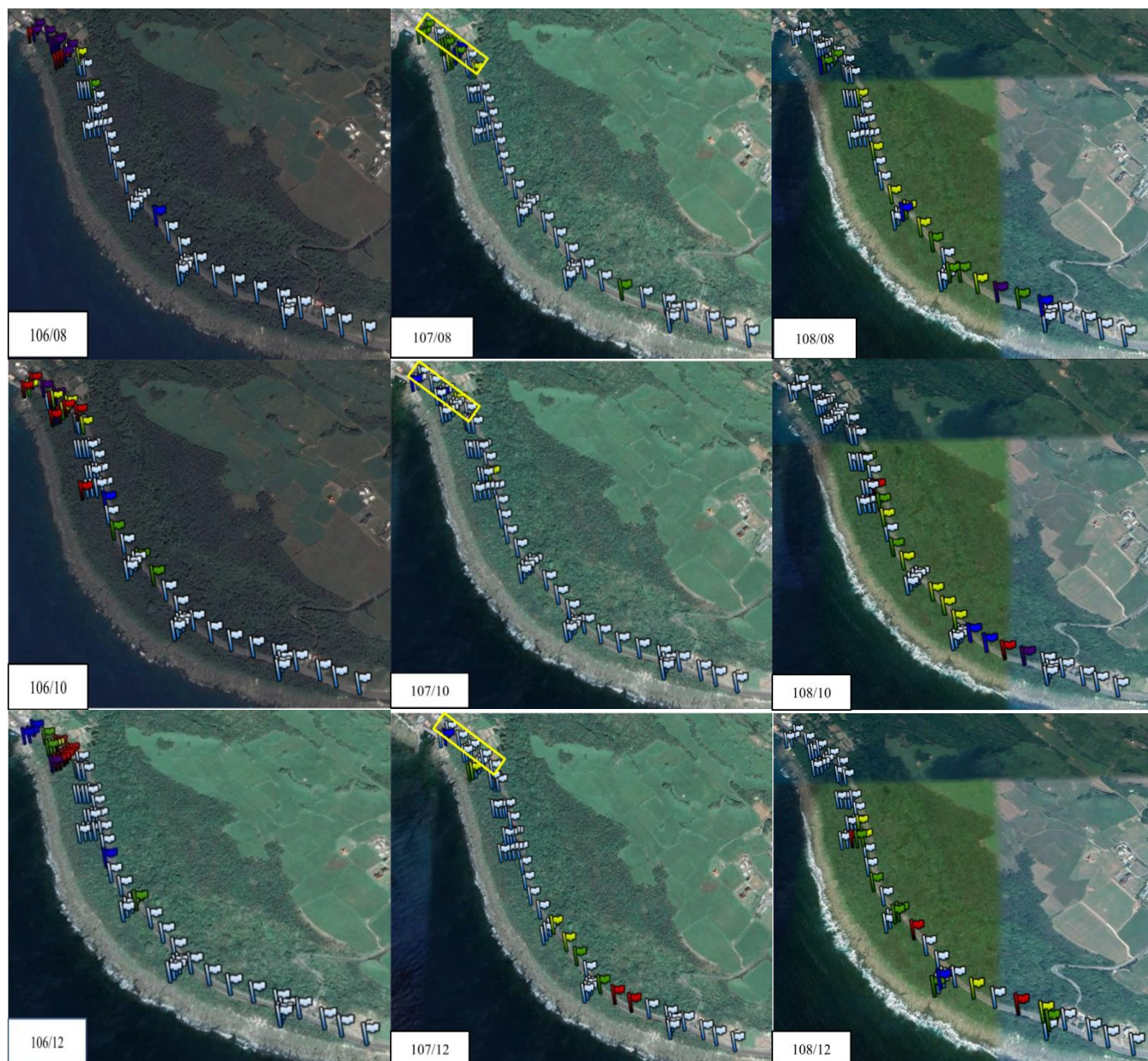
10月的樣點中，有14個樣點發現黃狂蟻，其中2個樣點屬於一級輕度危害、3個樣點屬於二級中度危害、6個樣點屬於三級中高度危害、2個樣點屬四級高度危害、有1個樣點達到五級嚴重危害。狂蟻危害較嚴重的區域位於樣區中部與南邊的車道。

12月的樣點中，有14個樣點發現黃狂蟻，其中1個樣點屬於一級輕度危害、6個樣點屬於二級中度危害、4個樣點屬於三級中高度危害、3個樣點屬四級高度危害。黃狂蟻出現地點多位於樣區中部與南邊的車道和海岸林。

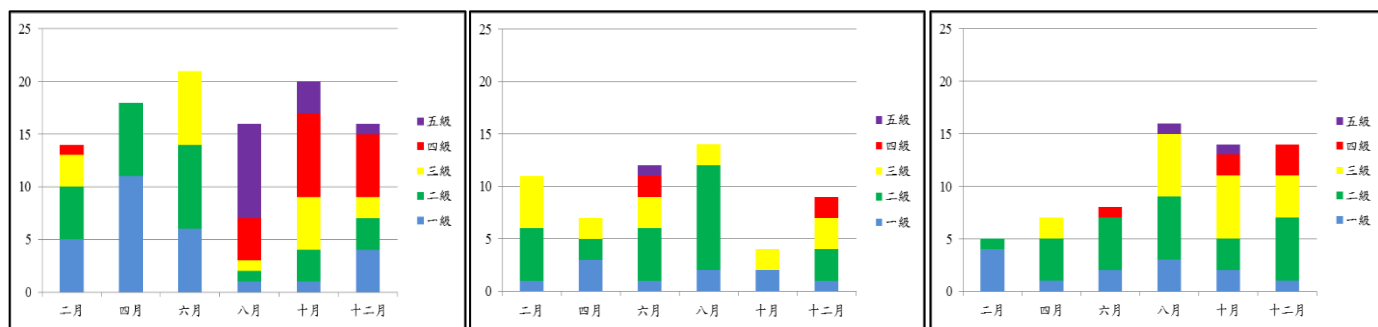
將106年、107年與108年度的砂島樣區黃狂蟻調查資料作比較(如圖二十和圖二十一)，106年度在三個年度中黃狂蟻危害最為嚴重，黃狂蟻分布多集中於樣區北邊的海岸林中和周邊林道上，106年有高度和嚴重危害級數的月份多集中於8月、10月、12月，分布範圍以6月較為廣泛。107年的黃狂蟻危害較其他兩年低，有高度和嚴重危害級數的月份多集中於6月，分布多集中於樣區北邊的海岸林中和周邊車道上，但自8月後數量開始有下降趨勢。108年度砂島樣區黃狂蟻分布危害程度在前半年較低，在107年度中在樣區北部較嚴重的黃狂蟻分布樣點，至108年已減少或是消失，但108年黃狂蟻的分布自4月起開始往南遷移的現象，並於8月、10月在樣區南部的周邊車道出現高度和嚴重的危害

級數。砂島樣區黃狂蟻族群南移現象，可能也許近年來墾丁地區的暴雨與土石流造成環境干擾破壞影響有關。





圖二十 106 年、107 年與 108 年度 2、4、6、8、10、12 月砂島樣區黃狂蟻分布狀況 (白：無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重；方塊處為 107 年度防治區域)。



圖二十一 106 年(左)、107 年(中)和 108 年度(右)不同月份砂島樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。

4. 湧泉區樣區黃狂蟻分布現況

108 年 2 月湧泉區的 120 個樣點中，有 9 個樣點發現黃狂蟻（圖二十二），其中 5 個樣點屬於一級輕度危害、2 個樣點屬於二級中度危害、1 個樣點屬於三級中高度危害、1 個屬於四級高度危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區中部的車道及湧泉區內的農田區。

4 月的樣點中，有 15 個樣點發現黃狂蟻，其中 3 個樣點屬於一級輕度危害、6 個樣點屬於二級中度危害、5 個樣點屬於三級中高度危害、1 個屬於五級嚴重危害。黃狂蟻出現地點多位於樣區中部的車道邊界及湧泉區週邊農田，而南部車道邊界有零星分布。

6 月的樣點中，有 3 個樣點發現黃狂蟻，其中 2 個樣點屬於一級輕度危害、1 個樣點屬於三級中高度危害，這三個樣點分別位於樣區北部的農田、中部區域和南部區域。

8 月的樣點中，有 4 個樣點發現黃狂蟻，其中 2 個樣點屬於二級中度危害、1 個樣點屬於三級中高度危害、有 1 個樣點達到五級嚴重危害，這 4 個黃狂蟻地出現樣點位於樣區中部的車道旁。

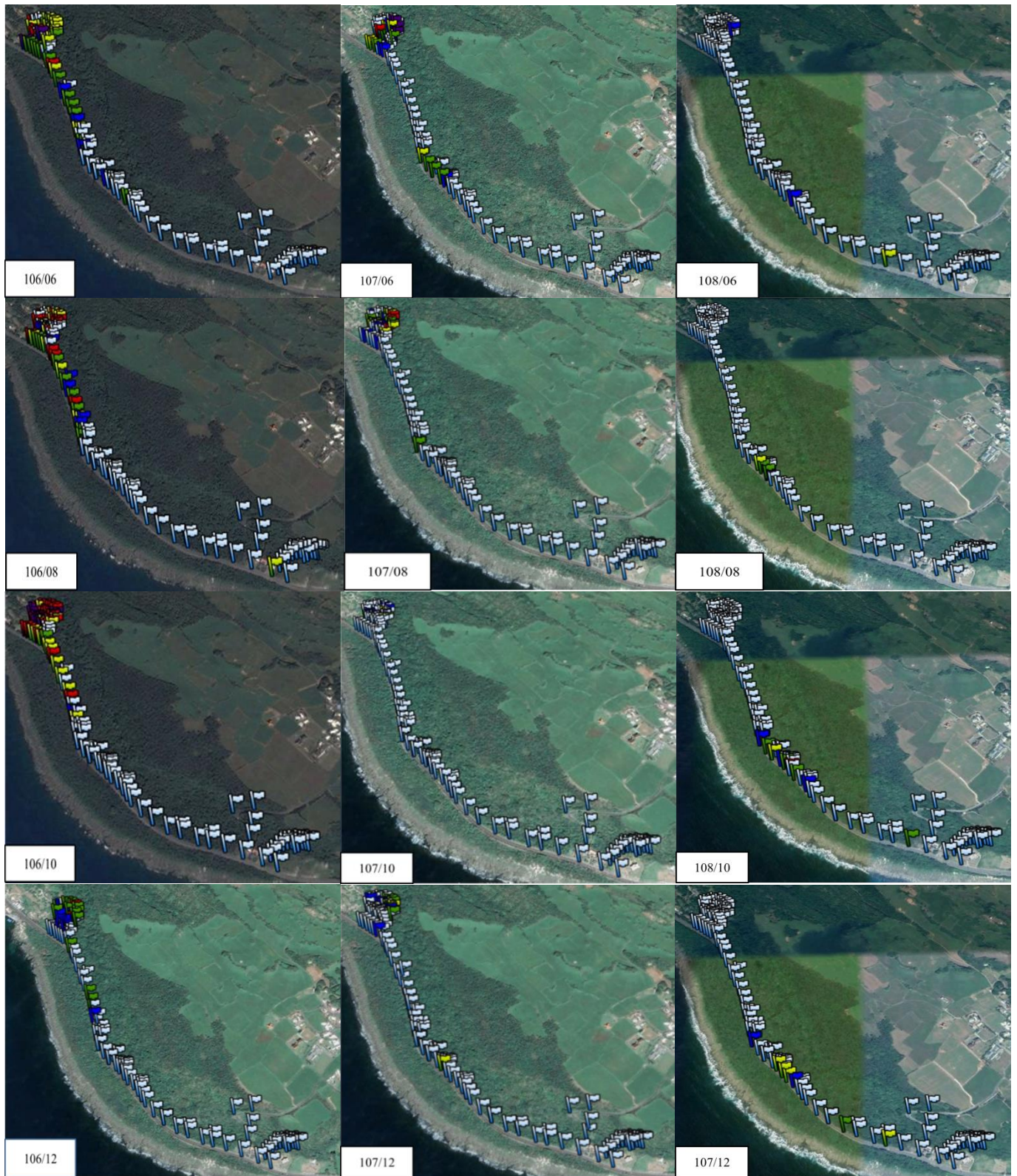
10 月的樣點中，有 14 個樣點發現黃狂蟻，其中 4 個樣點屬於一級輕度危害、4 個樣點屬於二級中度危害、2 個樣點屬於三級中高度危害、4 個樣點屬四級高度危害。黃狂蟻危害較嚴重的區域位於樣區中部與南邊的車道。

12 月的樣點中，有 7 個樣點發現黃狂蟻，其中 2 個樣點屬於一級輕度危害、1 個樣點屬於二級中度危害、4 個樣點屬於三級中高度危害。黃狂蟻危害較嚴重

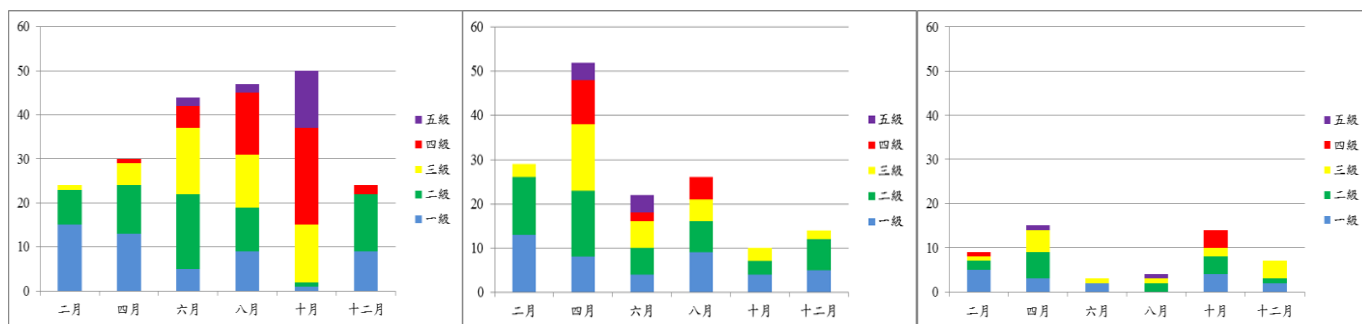
的區域位於樣區中部的車道周邊。

將 106 年、107 年與 108 年度的湧泉區樣區黃狂蟻調查資料作比較(如圖二十二和圖二十三)，106 年度在三個年度中黃狂蟻危害最為嚴重，有高度和嚴重危害級數的月份多集中於 6、8 月、10 月，黃狂蟻的分布較集中於樣區北部的農田區和北邊車道旁，樣區南部分布較少。107 年的黃狂蟻分布與 106 年類似，皆集中於樣區北部的農田區和北邊車道旁，其中以 4 月有較多的高度和嚴重危害級數，但危害程度自 6 月起開始下降，至 12 月只有在北部農田區有零星分布。108 年度湧泉區的黃狂蟻分布危害程度較 106 年度和 107 年度低，樣區北部的農田的族群皆較 106 和 107 年度少，在 8 月至 12 月在農田區已無調查到黃狂蟻，但自 2 月起在樣區中部的車道旁開始有穩定的黃狂蟻分布，顯示黃狂蟻分布已往南移，目前集中在樣區中部和南部的周邊車道。





圖二十二 106 年、107 年與 108 年度 2、4、6、8、10、12 月湧泉區樣區黃狂蟻分布狀況 (白：無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重；方塊處為 107 年度防治區域)。



圖二十三 106年(左)、107年(中)和108年度(右)不同月份湧泉區樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。

4. 港口樣區黃狂蟻分布現況

108年2月港口的62個樣點中，有20個樣點發現黃狂蟻(圖二十四)，其中8個樣點屬於一級輕度危害、10個樣點屬於二級中度危害、1個樣點屬於三級中高度危害、1個屬於五級嚴重危害。黃狂蟻出現地點多位於樣區中部的車道周邊。

4月的樣點中，有33個樣點發現黃狂蟻，其中1個樣點屬於一級輕度危害、7個樣點屬於二級中度危害、9個樣點屬於三級中高度危害、12個屬於四級高度危害、4個屬於五級嚴重危害。黃狂蟻危害較嚴重的地點多位於樣區東半部佳樂水風景區的车道周邊。

6月的樣點中，有14個樣點發現黃狂蟻，其中1個樣點屬於一級輕度危害、10個樣點屬於三級中高度危害、2個屬於四級高度危害、1個屬於五級嚴重危害。黃狂蟻危害較嚴重的地點多位於樣區東半部佳樂水風景區的车道周邊，在樣區西部車道有零星分布。

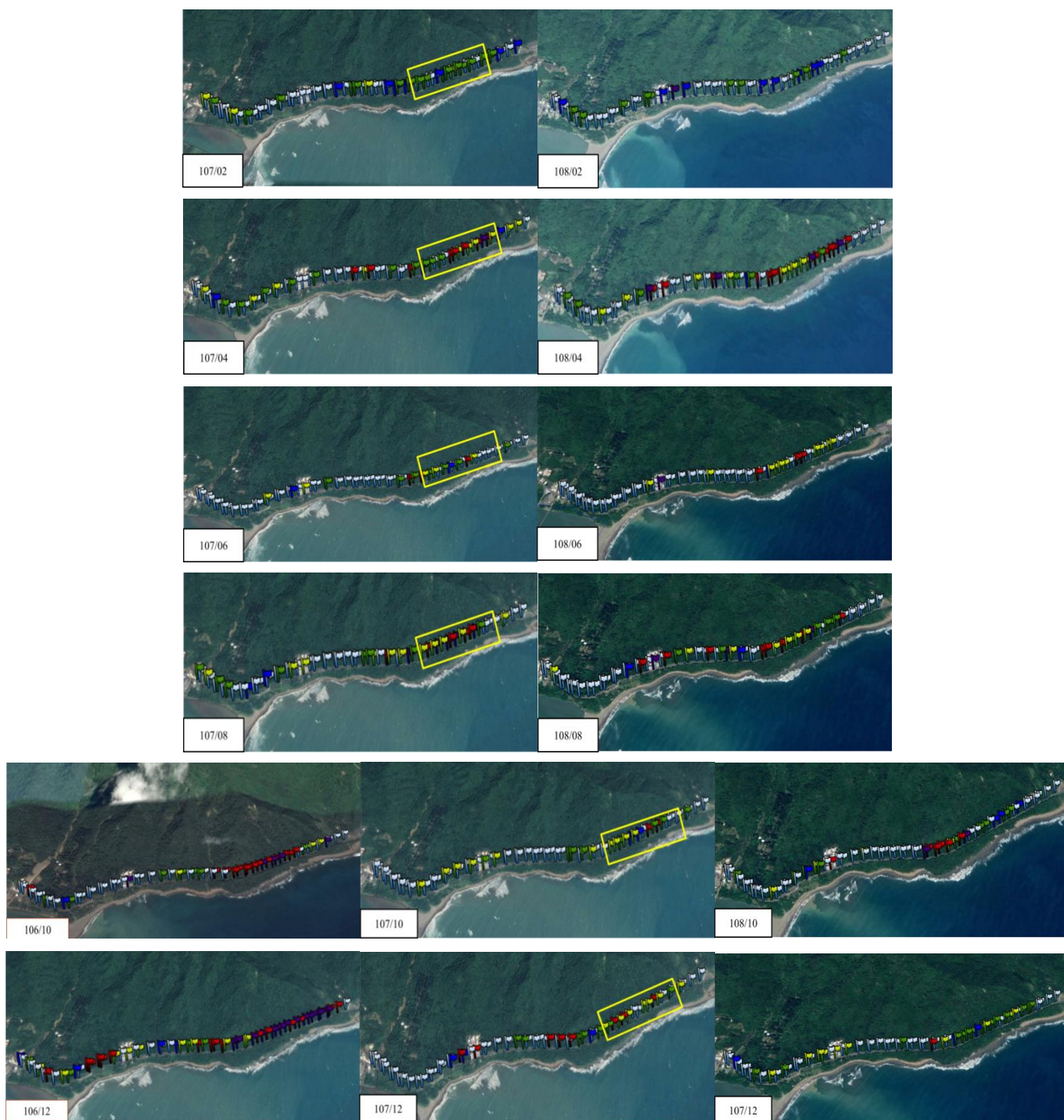
8月的樣點中，有27個樣點發現黃狂蟻，其中2個樣點屬於一級輕度危害、7個樣點屬於二級中度危害、7個樣點屬於三級中高度危害、8個屬於四級

高度危害、3 個屬於五級嚴重危害。黃狂蟻危害較嚴重的地點多位於樣區東半部佳樂水風景區的车道周邊。

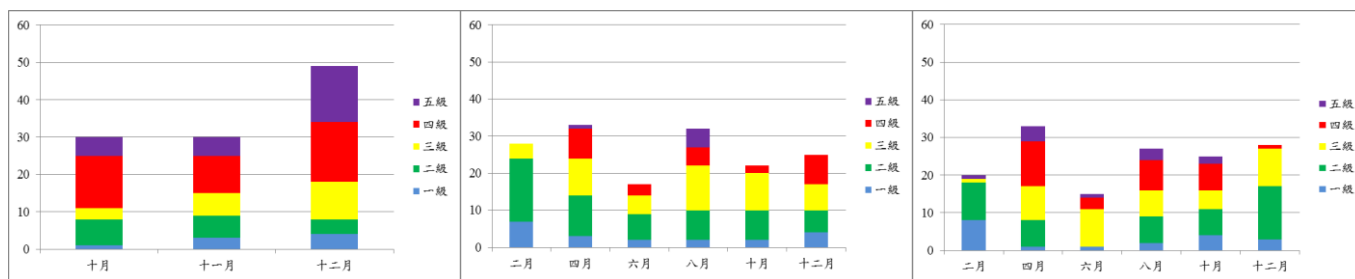
10 月的樣點中，有 25 個樣點發現黃狂蟻，其中 4 個樣點屬於一級輕度危害、7 個樣點屬於二級中度危害、5 個樣點屬於三級中高度危害、7 個屬於四級高度危害、2 個屬於五級嚴重危害。黃狂蟻危害較嚴重的地點多位於樣區東半部佳樂水風景區的车道周邊，在樣區西部車道有零星分布。

12 月的樣點中，有 28 個樣點發現黃狂蟻，其中 3 個樣點屬於一級輕度危害、14 個樣點屬於二級中度危害、10 個樣點屬於三級中高度危害、1 個屬於四級高度危害。黃狂蟻危害較嚴重的地點多位於樣區東半部佳樂水風景區的车道周邊，在樣區西部車道有零星分布。

將 106 年、107 年與 108 年度的港口樣區黃狂蟻調查資料作比較(如圖二十四和圖二十五)，106 年度雖然只有 10 月、11 月、12 月三個月的調查，但黃狂蟻出現的樣點數皆在 50% 左右或以上，有高度和嚴重危害級數的樣點也較 107 和 108 年度多，在三個年度中是黃狂蟻危害最為嚴重。107 年港口樣區的黃狂蟻分布和危害級數均較 106 年度稍低，而 108 年度 107 年度相比差異不大，107 年和 108 年黃狂蟻分布和危害級數均以 4 月和 6 月最為嚴重，由西邊靠近港口大橋處至東部風景區停車場處都有黃狂蟻分布。107 年和 108 年的黃狂蟻在 6 月皆有減少的趨勢，較集中於樣區東部的佳樂水風景區車道周邊，而 108 年除了 12 月以外其餘月份都有五級的嚴重黃狂蟻危害。



圖二十四 106年10月和107年、108年度2、4、6、8、10、12月港口樣區黃狂蟻分布狀況(白：無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重；方塊處為107年度防治區域)。



圖二十五 106 年(左)、107 年(中)和 108 年度(右)不同月份港口樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。

5. 各樣區誘餌防治成效評估

108 年各樣區誘餌防治後黃狂蟻危害狀況如表三至表七所示，後灣樣區的各月份黃狂蟻下降率皆在 50% 以上，其中 6 月和 10 月的下降率達到 100%；香蕉灣樣區的黃狂蟻下降率除了 8 月的 28.6%，其他四個月份皆在 50% 以上，其中 2 月的黃狂蟻下降率達到 95%；砂島樣區的黃狂蟻下降率除了 8 月的 38.6%，其他四個月份的下降率皆在 50% 以上，其中 2 月的下降率達到 100%；湧泉區樣區各月份的黃狂蟻下降率皆在 50% 以上，其中 6 月和 10 月的黃狂蟻下降率達到 100%；港口樣區的黃狂蟻下降率除了 4 月份 25% 和 8 月份的 40%，其他月份皆在 50% 以上。所有樣區在 2 月、6 月、10 月的下降率皆超過 50%，顯示在 1 月、5 月、9 月進行誘餌防治的成效較佳，而在 8 月的下降率皆無超過 50%，顯示在 7 月的誘餌防治成效較低。

表三、後灣樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況

	2 月	4 月	6 月	8 月	10 月	12 月
前月份發生點	3	4	1	2	3	2
防治後下降	2 (66.7%)	3 (75.0%)	1 (100%)	1 (50%)	3 (100%)	1 (50%)
防治後不變或上升	1 (33.3%)	1 (25.0%)	0	1 (50%)	0	1 (50%)
新發生點	3	0	2	2	1	3
當月份發生點	4	1	2	3	2	4

表四、香蕉灣樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況

	2月	4月	6月	8月	10月	12月
前月份發生點	20	10	12	14	16	18
防治後下降	19 (95.0%)	7 (70.0%)	7 (58.3%)	4 (28.6%)	11 (68.8%)	8 (44.4%)
防治後不變或上升	1 (5.0%)	3 (30.0%)	5 (41.7%)	10 (71.4%)	5 (21.2%)	10 (55.6%)
新發生點	2	8	6	4	8	8
當月份發生點	10	12	14	16	18	21

表五、砂島樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況

	2月	4月	6月	8月	10月	12月
前月份發生點	9	5	7	8	16	14
防治後下降	9 (100%)	4 (80.0%)	5 (71.4%)	3 (38.6%)	11 (68.8%)	9 (62.3%)
防治後不變或上升	0	1 (20.0%)	2 (28.6%)	5 (61.4%)	5 (31.2%)	4 (37.7%)
新發生點	3	4	5	11	5	8
當月份發生點	5	7	8	16	14	14

表六、湧泉區樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況

	2月	4月	6月	8月	10月	12月
前月份發生點	14	9	15	3	4	14
防治後下降	13 (92.9%)	6 (66.7%)	15 (100%)	3 (50%)	4 (100%)	11 (78.6%)
防治後不變或上升	1 (7.1%)	3 (3.3%)	0	0	0	3 (21.4%)
新發生點	6	10	2	4	10	10
當月份發生點	9	15	3	4	14	7

表七、港口樣區誘餌防治後黃狂蟻危害級數狀況

	2月	4月	6月	8月	10月	12月
前月份發生點	25	20	33	15	27	25
防治後下降	20 (80.0%)	5 (25.0%)	27 (81.8%)	6 (40%)	18 (66.7%)	15 (60%)
防治後不變或上升	5 (20.0%)	15 (75.0%)	6 (18.2%)	9 (60%)	9 (33.3%)	10 (40%)
新發生點	6	16	1	14	9	9
當月份發生點	20	33	15	27	25	28

四、黃狂蟻的超級群落範圍與變動

在探討墾丁國家公園園區內的黃狂蟻族群是否有形成超級群落的現象的試驗中，已於調查樣區香蕉灣 (B1, B2, B3)、砂島 (S1, S2, S3)、兩個湧泉 (N1, N2, N3)及港口 (J1, J2, J3) 各別採集 3 個蟻巢，後灣因黃狂蟻族群數量少，則採集 2 個蟻巢 (H1, H2)(圖二十六)。蟻巢之間距離至少超過二十公尺以上，並將採樣蟻巢帶回研究室進行攻擊行為試驗。



圖二十六 攻擊行為試驗各調查樣區中黃狂蟻蟻巢的採樣位置圖，藍色圈點為實驗樣區位置，而紅色圈點為蟻巢位置。(後灣：H1, H2、香蕉灣：B1, B2, B3、砂島：S1, S2, S3、兩個湧泉：N1, N2, N3、港口：J1, J2, J3)

本年度測試園區內的黃狂蟻族群是否有形成超級群落的現象顯示結果與 107 年的結果相似，在同一樣區內的蟻巢之間試驗結果顯示 (攻擊行為等級均小於 1.5)，以攻擊行為等級 2 為區分試驗蟻是否為同蟻巢的標準，各樣區內的蟻

巢應都屬於同一超級群落，證實在砂島、兩個湧泉、香蕉灣樣區裡各別有超級群落形成的現象，除但港口樣區中的 J3 族群與港口 J1 和 J2 族群間攻擊行為等級均高於 3 (但 J1 與 J2 間的攻擊行為等級為 0.3)，J3 蟻巢的工蟻對來自於其它蟻巢(J1 與 J2)的工蟻有明顯的攻擊性行為，也許是蟻巢間距離太遠的關係 (800 公尺)，證實與 107 年試驗結果一致港口樣區裡有兩個超級群落形成的現象。

不同樣區的蟻巢各別採用後灣(H1)、香蕉灣 (B3)、砂島 (S3)、湧泉(N1)及港口 (J1 與 J3) 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。攻擊行為分數等級結果顯示 (表八)，在墾丁國家公園園區範圍內，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 2.3)，除了砂島 (S3) 與湧泉(N1)的實驗組合 (行為得分 = 1.0 ± 0.1)。以上結果初步證實，香蕉灣與港口各別擁有屬於樣區的超級群落。而砂島與湧泉樣區的蟻巢則應是屬於來自同一個超級群落。

表八 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

	後灣 (H1)	香蕉灣 (B3)	砂島 (S3)	湧泉(N1)	港口(J1)	港口(J3)
後灣 (H1)		2.9 ± 0.2	3.3 ± 0.3	3.0 ± 0.1	2.3 ± 0.2	3.0 ± 0.2
香蕉灣 (B3)			3.0 ± 0.1	3.1 ± 0.1	3.7 ± 0.3	2.4 ± 0.3
砂島 (S3)				1.0 ± 0.1	3.3 ± 0.2	2.8 ± 0.2
湧泉 (N1)					2.9 ± 0.2	2.8 ± 0.1
港口 (J1)						3.0 ± 0.2
港口 (J3)						

五、園區陸蟹熱點區域中黃狂蟻監測及防治標準作業

依據 106-108 年所進行三個年度黃狂蟻防治監測結果，提出具體監測及防治標準作業程序(SOP)，標準作業程序中將包括：

- (1) 黃狂蟻調查樣點調查標準作業程序 (SOP)：於各園區陸蟹熱點區域 (香蕉灣、砂島、後灣及港口) 每個月份至少 20 調查點並設置餌站台進行黃狂蟻密度調查，可將調查樣點設置於陸蟹棲息密度較高的海岸林或是陸蟹活動台 26 線道並依據黃狂蟻密度指標指數 (如下) 進行是否進行後續防治處理的標準，。
- (2) 黃狂蟻密度指標指數建立 (圖二十七)，以評斷黃狂蟻密度狀況的分布指數與密度指數建立預警系統。黃狂蟻密度級數評估，以液態餌站 (10% w/v 蔗糖水濃度) 在設置 30 分鐘左右誘引黃狂蟻數量為監測標準，並進行密度級數分級為 (第 0 級/無：餌站無黃狂蟻、第 1 級/輕度密度：餌站 5 隻以下黃狂蟻、第 2 級/中度密度：餌站 6~20 隻黃狂蟻、第 3 級/中高度密度：餌站 21~50 隻黃狂蟻、第 4 級/高度密度：餌站 51~100 隻黃狂蟻、第 5 級/嚴重密度：餌站超過 100 隻黃狂蟻)。
- (3) 黃狂蟻防治標準作業程序 (SOP)：調查樣點調查結果若黃狂蟻密度指標達第 2 級 (中度密度/ 6 隻黃狂蟻) 以上則需馬上進行液態餌劑防治，並每三天更換新的液態餌劑直至黃狂蟻密度指標降至第 0 級。若偵測點之黃狂蟻密度指標為第 1 級 (輕度密度/ 1~5 隻黃狂蟻) 則

不需要進行液態餌劑防治但此調查點於下個月份須持續調查，若偵測點之黃狂蟻密度指標為第 0 級（無黃狂蟻）此調查點於下個月無須再調查更換至新的調查點。

- (4) 黃狂蟻防治液態餌劑調配配方與操作標準作業程序 (SOP)：液態餌劑調配配方是以 2% 四硼酸鈉 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)(硼砂) 混合 10% (w/v) 蔗糖水濃度。每次防治是將 50 CC 液態餌劑防治餌劑將設置位置設置地上型餌站或樹上型餌站，液態餌劑放置後 24 小時回收。
- (5) 黃狂蟻人工蟻巢誘引盒設置與回收技術標準作業程序 (SOP)：將人工蟻巢誘引盒放置於黃狂蟻密度分布較高的防治樣區中落葉層下，於設置後 1 個月後檢查蟻巢誘引盒中是否有黃狂蟻進駐，若有黃狂蟻蟻巢被誘集，則將蟻巢誘引盒封口放置於 12 號 PE 大號夾鏈袋中攜回並放置於冰箱冷藏 (4°C) 三日後可進行蟻巢分析；並可放置新的蟻巢誘引盒於同一地點，若蟻巢誘引盒已無蟻巢進駐，則可更換其他黃狂蟻出現區地點。



圖二十七 液態餌站所誘集到不同密度程度的黃狂蟻 (由左至右分別為密度程度一級至五級)

(6) 墾丁地區液態餌劑誘引之螞蟻鑑定圖卡 (圖二十八)，以利黃狂蟻與其他螞蟻種類鑑定分類並進行密度評估。





長角黃山蟻



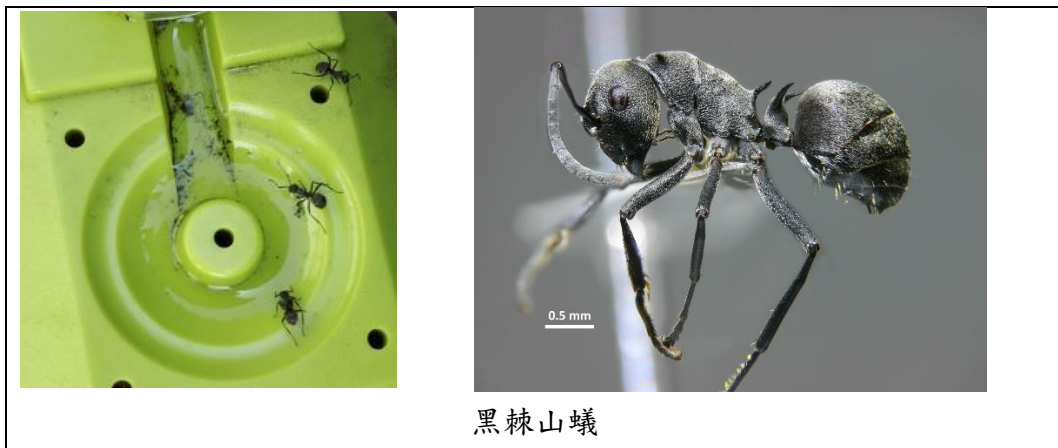
黑頭慌琉璃蟻



日本皺家蟻



熱帶火家蟻



圖二十八 墾丁地區液態餌劑誘引之螞蟻鑑定圖卡。

第五章、結論與建議

結論

1. 本年度計畫已完成後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區、港口等六個黃狂蟻監測調查樣區 5 次黃狂蟻監測調查 (2 月、4 月、6 月、8 月及 10 月) 與 5 次黃狂蟻防治作業 (1 月、3 月、5 月、7 月及 9 月)，將會於 11 月份完成第 6 次防治作業與 12 月份完成第 6 次黃狂蟻監測調查作業。
2. 於香蕉灣、砂島、港口等樣區中設置 60 人工蟻巢誘引盒設施，並於每月進行回收進住的蟻巢。自 108 年 2 月至 12 月於香蕉灣、砂島、港口等三個樣區中內共採獲 115 巢黃狂蟻巢、424 蟻后。
3. 至 108 年 12 月的調查成果顯示港口樣區仍是有較高密度的黃狂蟻的分布，各調查月份均有 20% 以上的採樣點調查到黃狂蟻，其次是香蕉灣及砂島，後灣的黃狂蟻族群數量仍最少。
4. 與 106 年度和 107 年度的調查資料比較，108 年湧泉區樣區和砂島樣區的黃狂蟻分布均較 106 年度和 107 年度降低許多。香蕉灣樣區的黃狂蟻調查樣點數在三個年度調查顯示黃狂蟻的分布變化不大約在均維持在 20% 以下，但於每年下半年進入秋冬季時黃狂蟻族群分布會上升趨勢，是全年分布較多的時段。後灣樣區則仍是黃狂蟻分布最少的調查樣區，但 108 年的樣點數從 106 的 1 點與 107 年的 2 點增加至 108 年 5 點，是需要注意狀況。108 年港口樣區黃狂蟻分布於 2 月與 6 月均較於 107 年度都有明顯降低，但 4 月則與 107

年度相同。

5. 黃狂蟻在各樣區分布狀況均隨著月份溫度的升高，逐漸增加於各調查樣區中的分布，尤其以香蕉灣和港口最為明顯。目前的防治策略仍是持續調查黃狂蟻主要分布與密度動態，並在雙月份所發現黃狂蟻出現地調查點，則會在單月份加強於黃狂蟻出現的區域的餌站防治，並搭配蟻巢誘引盒方法一起使用的複合方法進行黃狂蟻防治處理香蕉灣、砂島、湧泉及港口區黃狂蟻的分布與密度都明顯降低的趨勢，以 10 月份的樣點數百分比變化發現，香蕉灣樣區、砂島樣區與港口樣區黃狂蟻下降率均達 68.8%，湧泉樣區黃狂蟻下降率達 100%；由以上結果顯示主要餌站防治與蟻巢誘引盒防治為輔之黃狂蟻防治策略是對於黃狂蟻的族群具有相當程度的防治成效。
6. 在不同樣區蟻巢間個體攻擊行為試驗的結果顯示，在所試驗樣區（後灣、香蕉灣、砂島及湧泉區）中的蟻巢間個體均無強烈的攻擊行為反應，這些樣區內的蟻巢均可判定屬於共同蟻群，而形成區域性的超級群落。墾丁國家公園園區內的黃狂蟻族群已有形成超級群落的現象，在砂島與湧泉區的範圍間的蟻巢應屬於同一超級群落，危害範圍也較廣。港口區內的蟻群分為兩個群體，後續仍須持續進行試驗以確定港口區域的黃狂蟻是否有超級群落的形成。在近兩年對於陸蟹分布熱區內的黃狂蟻族群進行黃狂蟻防治作業，其目的也是希望能以區塊的防治手段，能逐漸瓦解黃狂蟻超級群落的結構，進而降低黃狂蟻對於陸蟹的威脅。目前結果顯示以主要餌站防治與蟻巢誘引盒防治為輔之的防治策略，似乎在一些防治樣區（如：湧泉與砂島）中達到一定程度的

防治效果且發現以蟻巢誘引盒防治，對於瓦解黃狂蟻超級群落的結構有非常好的效果，但仍有些防治樣區（如：香蕉灣）可能因為一些無法預期的環境干擾因素（如暴雨、土石流等）黃狂蟻族群數量仍未完全控制，因此黃狂蟻的防治作業工作是須持續進行的。

7. 本計畫已建立具體對於墾丁國家公園內黃狂蟻監測及防治之標準作業程序(SOP)，其包括：黃狂蟻調查樣點調查標準作業程序、黃狂蟻密度指標指數建立、黃狂蟻防治標準作業程序、黃狂蟻防治液態餌劑調配配方與操作標準作業程序、黃狂蟻人工蟻巢誘引盒設置與回收技術標準作業程序等，並於108年8月辦理兩場介紹黃狂蟻的生態與調查防治技術的「墾丁國家公園黃狂蟻防治工作坊」對象是志工與管理處人員。

建議一

應持續調查黃狂蟻於墾丁國家公園分布與密度，並於主要陸蟹分布熱區(香蕉灣、砂島、兩個湧泉區及港口) 進行黃狂蟻防治作業：立即可行建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：內政部營建署、行政院農業委員會動植物防疫檢疫局

1. 應該持續監測與調查陸蟹主要熱點區域中黃狂蟻的分布與數量密度狀況，以確實了解此外來入侵螞蟻黃狂蟻的潛在族群變動狀況。
2. 於 106 年其及 107 年陸蟹主要熱點區域 (香蕉灣、砂島、湧泉及港口)都有一定程度黃狂蟻的分布與較高密度等級，尤其是兩個湧泉區與砂島區及港口地區分布最廣與密度最嚴重的區域，且黃狂蟻已有形成超級群落的現象。雖目前在持續每兩個月份的防治作業 (餌站防治與蟻巢誘引盒) ，防治區域中黃狂蟻群逐漸受到控制呈現防治成效，但防治工作仍需持續期將黃狂蟻的密度降至對陸蟹族群威脅最小的狀況。
3. 在今年密度調查中顯示黃狂蟻在墾丁地區 (香蕉灣、砂島、兩個湧泉及港口) 具有超級群落的現象是會對陸蟹的生存造成嚴重的威脅，因此建議需持續防治的作業 (尤其蟻巢誘引盒) 以瓦解這些黃狂蟻的超級群落。
4. 目前黃狂蟻分布地區較廣泛且族群密度較大，除建議積極進行大規模防治外，也建議訓練當地志工來協助黃狂蟻防治工作。
5. 本研究仍可持續協助進行黃狂蟻蟻巢誘引盒的設置與回收作業，已有效長期監測黃狂蟻超級群落的動態，並可以持續協助移除蟻巢達到瓦解這些黃狂蟻

的超級群落的目的。

建議二

降低陸蟹分布熱區中的人為干擾因子，以棲地環境管理降低黃狂蟻分布的機會；評估與重視其他入侵種螞蟻成生態環境與遊客安全上的威脅：中長期建議。

主辦機關：墾丁國家公園管理處

協辦機關：內政部營建署、行政院農業委員會動植物防疫檢疫局

1. 除進行一定程度的防治作業外，目前所調查結果顯示黃狂蟻的分布與一定程度的人為干擾有關，所以保護區中人為干擾現象的降低也是對黃狂蟻防治策略重要的關鍵。
2. 於因人為干擾(如：道路工程、人為設施工程等)或自然干擾(如：暴雨土石流等)造成環境植被產生改變時須要適時啟動黃狂蟻族群密度調查作業，以了解這些環境棲地干擾是否讓黃狂蟻族群趁隙入侵而造成陸蟹的威脅，並評估是否需要啟動進行黃狂蟻防治作業。
3. 此外目前所調查陸蟹主要熱點區域的螞蟻種類，除黃狂蟻外還有 2 種螞蟻(熱帶大頭家蟻與熱帶火家蟻)為被全球入侵種資料庫(GISD)列為外來入侵生物，其中熱帶火家蟻是較有攻擊性的螞蟻種類，會造成生態環境與遊客安全上的威脅，也建議評估進行防治。

附錄

108 年度墾丁國家公園黃狂蟻防治監測成效評估計畫

服務建議書評審會議紀錄

主席致辭：感謝外聘委員前來協助評審工作。本案評審委員共 7 位，外聘委員 3 位，內聘委員 4 位，全部委員皆出席，委員出席人數達到規定，依程序進行評審。請廠商依外聘委員詢問即問即答，內聘委員統問統答。

業務課室報告：本次共計一家廠商國立彰化師範大學參與評審，服務廠商簡報時間為 20 分鐘。

服務廠商簡報：（詳如：服務建議書）。

審查委員提問及服務廠商回應：

提問人員	問題及意見	國立彰化師範大學回應
顏聖紘委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 林老師的研究計畫非常精細，但是要如何評估受害生物能夠有足夠的韌性能夠等到黃狂蟻這邊的實驗做完？ 2. 如何評估誘餌是唯一造成族群下降的因素？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在計畫中因專業所限無法很清楚瞭解陸蟹的反應，兩年來只能從志工反應和調查環境條件中的數量及 8-10 月在現場觀察螞蟻狀況瞭解。去年甚至前年因擔心危害嚴重故進行防治，原本有設定對照組但去年年初發現數量還是很高，故餌劑全面使用，目前使用誘蟻盒作為對照組，發現香蕉灣沒有使用誘蟻盒其狀況較差，目前目標放在盡快將數量壓制下來，陸蟹的反應只能先從環境中螞蟻的數量瞭解，也持續和志工及劉烘昌老師瞭解情況，去年 8-10 月發現螞蟻數量有下降。 2. 環境因子在調查上的確不容易瞭解，每個月持續監控，至今累積兩年資料，以港口資料為例有時間上的變動，冬天數量較多，夏天較廣泛，冬天密度較高，這是本團隊第一次大規模邊調查邊防治邊看結果調整。去年有個水災，香蕉灣量變多，但砂島湧泉量下降。
程建中委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫調查範圍及過程部分，如何以試驗設計方法區別乾濕季節差異；季風、颱風 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 調查範圍限定在區塊內向外延伸，設調查點考量防治能力，超過原本螞蟻危害範圍，環境

	<p>風和豪雨季節發生頻度差異；在陸蟹繁殖熱區、設計之調查頻度與效度之差異。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 在防治效果之計畫及抗/耐藥性評估之研究，是否可於計畫書中詳細呈現。 3. 園區中已呈現超級群落，在其取樣防治如何調整在乾濕季、冷熱間的差異效應？ 	<p>變動較為複雜，資料有做紀錄(雨災、東北季風等)，但紀錄是否反映在螞蟻分布，目前看起來好像沒關係，港口區塊從 106 年 10 月開始調查，其他資料從 1 月調查，今年結束前可探討結果。目前看來跟現地風、溫度等較有關係，和大尺度環境沒關係。至於是否進行陸蟹繁殖季頻度增加，目前是一個月防治，隔月調查，防治時有進行偵測，人員安排以防治工作為主，8-10 月調查原 4 天完成，會視陸蟹狀況延長到 7 天，只能將防治時的資料當作偵測的資料，但不夠普及。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 硼酸餌劑抗藥性結果相對來說不會那麼高，比較擔心的是取食偏好性，也就是誘引劑，目前使用 10% 砂糖做誘引成果，之前研究就有發現反而不是抗藥性成果而是會有一群不喜吃甜，因為吃甜的會被殺掉。每次採回的誘蟻巢會繼續測試這個區塊的螞蟻狀況，也有做 DNA 成果，也有做大腹肚種類，計數取回實驗室的個體，也有做其他測試，目前看來實驗室有 2% 還是會吃食。兩個方法不同，野外放餌吃食的個體不知道來自那個巢，而實驗室實驗個體來自蟻巢附近(有比較多蟻后)還是會吃食 2% 硼酸(10% 糖水)。 3. 有關超級群落的變動，10 月增加，12 月會集中在區塊，去年 1 月即開始做餌站防治，量看起來有下降。的確在環境中超級群落有變大變小的趨勢，今年
--	---	---

		<p>的資料累積應該就可知道位置，除了行為實驗外有進行DNA實驗，DNA沒什麼區別，行為結果反而有。</p>
<p>楊平世委員</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 黃狂蟻已立足這麼久，防治的確不易，能否分析有些地方築群上升之原因？(例如 H₁ 點) 2. 防治後對本土蟻種影響如何？對樹棲本土蟻種影響如何？ 3. 是否將此蟻移置彰師大試養，蟻后日產量多少？一年有多少代？ 4. 最佳防治季節為何？ 5. 是否也調查此蟻可能天敵？ 6. 是否有計畫針對螃蟹族群進行監測，瞭解兩者數量間之消長？對不同螃蟹齡期(幼成蟹)之影響如何？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 幼蟹和成蟹都會被攻擊，我和劉烘昌博士持續保持聯繫，瞭解蟹況，目前僅能間接從志工及調查員的反映推測。 2. 餌站也會有其他螞蟻出現，目前看來其他螞蟻數量有上升，但擔心是否能持續？若該點為其他螞蟻佔據，防治就會調整。 3. 後灣狀況(H₁)，一直都有黃狂蟻，其類似原始 2、30 年前還沒有超級群落黃狂蟻的情形，族群會在一個地方變少變多，密度從 1-2 級，去年 10 月變成 3 級，目前看來墾丁的黃狂蟻已經存在上百年以上，不知何故形成超級群落，現在希望能恢復到以前的狀況。H₁ 那邊是兩個巢會移來移去，去年並無放餌劑但有放誘蟻巢，希望今年能將這個族群消滅。 4. 誘蟻巢會帶回實驗室飼養，但沒有做到那麼細的部分，有做測重，可以嘗試去計數，期中再向委員報告。黃狂蟻屬於孤雌繁殖，雄蟻會自交，異結合性的卵會變成工蟻。
<p>馬協群委員</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 誘集點、防治點及誘引巢設置空間關係？ 2. 目前有超級群落的形成，也打算打破超級群落，但未見處理方式於企劃書中。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前維持 60 個偵測點，會放防治餌站的點為密度 3-4 級的點，今年 2 級以上就會放。餌劑防治以 50cc 離心管裝餌劑設置，24 小時後回收，3 級以上隔天大概剩 5cc，若 1-2 級，剩約 30cc，所以 24 小時內的量是夠吃的。誘引巢每個月會放收，只要裡面發現蟻巢就會收走補新的，60 個點內密度比較高的地方就會放，拿到蟻巢會將出口封住後冰存，一部分會繼續飼養。 2. 超級群落的處理方法其實和目前的執行方法一樣，餌劑及蟻巢移除，目的都是在打破超級群落，希

		望族群量變少，蟻巢或越冬巢被移走，有些區塊就沒連結，目前全世界沒幾個國家能打破群落，目前從分布看黃狂蟻無法進到森林較內部，處在森林邊緣，帶狀分布較有機會切割。
陳松茂委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 誘蟻盒如何製作？餌劑如何調配？樣點如何設置等？應再今年度將基本的防治工作交與社區志工。 2. 老師提說處理產卵的工蟻，這部分有選擇性的藥來防治還是有其他藥劑的利用模式？ 3. P10 整合防治，老師有提到物理、化學和生物性防治，其相關化學藥劑使用上應交互用藥，才不會產生抗藥性。 4. 還有育種基因型防治，是否可參考來達到防治目的。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 誘蟻盒是請木工製作標準盒，一次製作 500 個，可重複使用。 2. 目前防治方法以餌劑加誘蟻巢，監控族群狀況，餌劑部分不亂使用藥，一般環境硼酸較安全，目前 2% 硼酸已有廠商登記環保署。 3. 目前有在進行黃狂蟻病毒的研究，有 1 種在族群內，但還不知道效能？是否存在族群？其他地方的狀況瞭解等。目前火蟻有一種病毒可用，以病毒來做防治並不是能完全消滅。可能不是以育種方式找到特殊族群來防治，而是以流行病學方法致病，使其數量下降，這個機會比較大。
徐茂敬委員	應著重建立防治之標準作業程序並教會社區志工操作。	今年會完成技術的轉移，建立完整 SOP。

會議結論：1. 本案服務廠商僅一家國立彰化師範大學，平均分數 85.71，達 80 分以上，序位最低，經評審委員全數同意評審合格。

2. 請服務廠商依委員意見修正補充計畫。

散會時間：108 年 1 月 2 日下午 15 時 15 分

108 年度墾丁國家公園黃狂蟻防治監測成效評估計畫

期中報告審查會議

開會日期：中華民國 108 年 8 月 7 日上午 10 時 30 分

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主席致辭：感謝外聘委員前來協助審查工作。

業務課室報告：請國立彰化師範大學團隊進行簡報 20 分鐘後進行詢答。

服務廠商簡報：(詳如：期中報告書)。

審查委員提問及服務廠商回應：

提問人員	問題及意見	國立彰化師範大學回應
楊平世委員	<ol style="list-style-type: none"> 護蟹影片榮獲國際生態攝影大展獎項，黃狂蟻防治也有具體成果，建議除整理發表國際期刊之外，亦可拍攝成影片，分享防治成果。 三年多來是否發現潛在具防治效果之天敵。 將防治成果以辦觀摩會方式分享，NGO 及護蟹社區夥伴，強化防治成效。 黃狂蟻共生之介殼蟲類在墾丁有多少種？依賴程度如何？ 硼砂對其他原生種螞蟻為害程度如何？會建議芬普尼之類的藥劑嗎？ 	<ol style="list-style-type: none"> 工作坊錄影會在和承辦課商量，也許 8 月 17 日可進行現場錄影供日後傳承。 目前沒有發現天敵，蟻巢內有很多共生蟻客，但看來只有共生，國外也沒有發現直接的天敵，之前曾討論在地有無穿山甲吃黃狂蟻，在鸞山地區黃狂蟻冬季是穿山甲主要食物，但墾丁這邊沒有。其他微生物防治也有嘗試，但對黃狂蟻的效果並不好，目前仍以餌站防治和蟻巢移除的效果相對顯著。 這個區塊生物性調查早期有建立，針對介殼蟲並不多，目前看來入侵性外來種的介殼蟲多出現在行道樹，黃狂蟻也多，森林的比例則相對少，農地附近也是相對嚴重，有些農地友善耕作，少用藥，但介殼蟲蚜蟲量相對上升，後來教其使用植物皂素，且說明農地不可不管理，因會造成外來種增加。 硼砂為餵毒劑一類，會造成胃的吸收及傷害，全世界百分之八十的環境用藥使用硼酸製

		<p>劑，濃度要求都是百分之三以下，百分之三以上螞蟻會有忌口問題。百分之二的效果吃到後 3 至 5 天會有 70-80% 個體會死亡，會餵給工蟻，糖分會給幼蟲和蟻后，一隻工蟻吃到後可餵給 200-300 隻個體，所以餌站會放置 24 小時。因為基底為糖水，製毒劑為硼酸，所以其他螞蟻也會來吃，並非專一性，目前大部分防治法以越早被搶到來吃為主，剛開始時其他螞蟻數量很少，現在已有上升，偵測後有黃狂蟻出現才會放餌毒劑，黃狂蟻很會搶食尤其液態餌站臺。</p> <p>5. 墾丁是第一個發現黃狂蟻對陸蟹有攻擊行為，因為劉烘昌老師長期在地調查發現。後來在高美濕地也有發現，目前研究團隊也在高美幫忙，範圍較短，路殺結果更明顯，500 公尺內分布黃狂蟻，經分析主要和種植景觀植物有關。花蓮七星潭的在地教師調查也發現有黃狂蟻。目前也在評估是否防治效果對陸蟹是有益。</p>
<p>程建中委員</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 黃狂蟻在 KTNP 已是百年族群，在生態系已有一定角色，期與相關物種之動態平衡已有固定型式。如今因人為經營管理所造成之擾動，將可能有什麼變化？ 2. 在期末結論中，建議對管理處未來黃狂蟻管理防治基本策略有明確論述。 3. 針對墾丁地區陸蟹相關族群可能受害之黃狂蟻防治熱點及可能氣候領先指標，亦請 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前計畫一邊進行防治，一邊調查族群動態，目前仍持續收集資料分析中，最近進行土地利用分析，發現國家公園內黃狂蟻與土地利用是有關聯性，過去在台灣因土地利用維持較低的使用，但近年因農地利用改變及開發變多，提供較多資源給外來種。防治作業對生態造成干擾，黃狂蟻移走後，其他螞蟻進來，早期的狀況很多螞

	<p>予以論述。</p> <p>4. 墾丁地區陸蟹個體受黃狂蟻為害方式是受獵殺者(Predator)為害，或是死亡個體的腐食者(Scavenger)角色。如何降低為害效率？</p>	<p>蟻共存，是形成單獨的巢，蟻巢間有競爭，因此有很多空隙產生，但因人為處理或環境變化，使得這些蟻巢連結在一起，而將其他螞蟻趕走，因此其他野生動物利用這些空間時便會遇到黃狂蟻的干擾，黃狂蟻占地盤時，外部有一群螞蟻 24 小時不回巢，在外找食物，當夜間陸蟹活動時便會受到干擾，黃狂蟻的策略像是佈署很多兵，經過時騷擾及攻擊，不會直接殺死而是會讓他衰弱，陸蟹在降海釋幼過程中被攻擊，黃狂蟻無遮真是噴蟻酸攻擊，蟻酸會使陸蟹瞎眼無法回到洞穴，太陽出來後曬了死亡，黃狂蟻再利用這些陸蟹死掉的資源。看起來是腐食但過程是超級群落的結構讓空間變成攔截點就會造成陸蟹的為害。因此只能回復原本狀況和其他螞蟻共存，屬於小族群不會有攔截點，而不可能將其滅絕了。陸蟹資料可是劉老師後續調查是否恢復，去年志工調查時發現蟻殺情形下降，2016 年時蟻殺較多。</p> <p>2. 防治熱點因為黃狂蟻一直存在，所以防治方法不可能無限制往下下去，會有平衡點，目前狀況因為黃狂蟻數量還多，因此有出現就進行防治，未來可能單獨點或地區若沒有超過連續三個就不進行防治，結案會給予完整說明，現階段則是偵測到黃</p>
--	--	---

		<p>狂蟻就進行防治來降低數量。</p> <p>3. 環境資料部分，這幾年觀察族群變動，兩年多的資料累積，評估應該有越冬巢，今年真的觀察到，這是符合預期成果，不過每年氣候變化大，目前比較困擾的是降雨，這幾年降雨量超過預期，有些棲地因土石流改變，香蕉灣去年和今年的棲地有變化，植被密度也變稀疏，變成是黃狂蟻偏好的環境。黃狂蟻多在自然環境邊緣，向陽植物，當環境改變森林結構不緊實，他便會進入。溫度變化看起來是聚集的結果。</p>
陳松茂委員	<p>1. 今日教導志工和本處同仁防治黃狂蟻乙案，期請協助教導調製防治藥劑方法和配方？及用藥時機？</p> <p>2. 本委託研究案黃狂蟻棲群密度是否明顯下降？倘若有計畫結束後，未來族群數量再度上升，如何評估再度啟動防治時機之認定和管控，較符合經濟效益？請略試說明？</p>	<p>1. 志工的訓練是接下來的工作，團隊不可能一直做下去，那表示沒有作出方法。</p> <p>2. 今天的手冊內容先讓志工認識黃狂蟻，今後會再調整內容。</p> <p>3. 志工的訓練會著重溝通觀念，以往志工會依照自己的殺蟲方式處理，有些是很激烈的會對環境造成衝擊。</p>
簡文山委員	<p>有關本研究案所作的區域皆在陸蟹出沒地點，研究發現有產生超級結構群落，如何讓他恢復原狀，所謂恢復原狀是要達到什麼狀況才是恢復原狀，才是達到生態平衡。</p>	<p>4. 黃狂蟻在墾丁多年，早期以獨立蟻巢或區塊模式生存，目前的評估當其變成區塊狀或網狀後對陸蟹的威脅會少很多，至於什麼時候變成區塊狀，什麼時候變成網狀，需要長期資料累積，根據這兩年多的資料，大概 2-3 個，3-4 個以上的範圍，每個距離 20-30 公尺以上，這些功能巢都是同一個在那邊存在，就變成帶狀，路對螞蟻並不造成障礙，他會利用旁邊的管道通行，砂島和湧泉在路的兩邊，屬於同一巢，會</p>
馬協群委員	<p>1. 樣區的描述方式要明確(六個樣區)。</p> <p>2. 餌劑防治是針對生殖型工蟻，但此工蟻主要在蟻巢內活動。</p> <p>3. 湧泉區有無誘引盒放置的需求。</p>	
徐茂敬委員	<p>1. 報告請依格式撰寫。</p>	

	<ol style="list-style-type: none"> 2. 結論與建議應該明確，而非進度。 3. 本案目標建立 SOP 後交予志工，是否每年執行或是效果不好後就停止任其自然發展。 	<p>隨著管道兩邊移動，變形成攔截點，所以陸蟹會途經螞蟻的大隊，遭受攻擊。黃狂蟻會存在人工設施比如護欄上的鐵管，裡面的空間也會進去。</p>
<p>陳信宏技士</p>	<p>黃狂蟻是否會躲避在人工設施，因會影響後續防治工作執行。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 5. 湧泉那邊有設置誘蟻盒，那邊數量已下降，情形改善許多，湧泉區大部分種類移到砂島，目前以砂島為主要控制點。湧泉那邊因為農民耕作經過溝通僅放誘蟻盒，並沒有放餌站。而在砂島放餌對湧泉那邊也是有效的，兩邊是通的，蟻道上放餌是會帶回去的。
<p>陳家鴻技士</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 是否有紀錄餌台上取食的其他種螞蟻的數量比例。 2. 是否評估其他蟻類消長情形。 3. 樣區內是否觀察到其他螞蟻會吃陸蟹。 4. 道路是否為黃狂蟻障礙，如果不是的話，因為道路兩邊為同一族群，剛老師有提到為森林邊緣活動，而樣區以陸蟹活動熱點為主，另外一邊的邊緣可進行瞭解，也許也已有超級群落產生。 	<ol style="list-style-type: none"> 6. 大腹肚的產卵工蟻為什麼會被殺到，產卵工蟻都和蟻后在巢內，靠覓食工蟻餵食，覓食工蟻吃到藥劑後，會回到巢內餵食其他個體，吃飽後第一個餵食的便是產卵工蟻，外面找到食物都會餵給他，也會餵給蟻后，因此硼酸劑量不能太高，當高於百分之三，這些工蟻餵給其他個體的效益便會變很低，甚至不餵了，因為知道自己受傷了，因此設計餌劑時都會在百分之三以下，而黃狂蟻則是百分之二，吃完後大概拖延 3-5 天後死亡，過程中就會把餌傳出去。
<p>林瓊瑤約聘</p>	<p>建議保育課針對黃狂蟻防治手冊內容再進行編排，如標準作業流程建立，以利志工閱讀使用。</p>	
<p>謝桂禎約聘</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝林老師團隊辛苦建立珍貴的基礎生態學資料，尤其一方面同時進行防治工作。 2. 剛老師提及聖誕島的黃狂蟻與介殼蟲密度有關，那麼墾丁這邊是否也有此狀況。 3. 剛老師提到友善農業施作可能也會助長介殼蟲族群生長，一般如果沒作有效控管也會，那麼老師對於友善農業有何建議？ 4. 大家都期待志工能協助進行防治，但也許志工無法，針對下午工作坊老師評估是否有更簡單的操作，如果完全沒有老師僅靠志工，是有困 	<ol style="list-style-type: none"> 7. 湧泉區有兩區實際上比較長，後來發現是同一區，而砂島則在對面，會再修正內容避免造成閱讀上困擾。 8. 期末報告會依照規定格式撰寫。 9. 在地志工很熱心，期望能接受防治方法，有些志工會使用較激烈的方法，有時反而會造成擴散。 10. 目前看起來介殼蟲也是影響因素之一，因為行道樹介殼蟲的比例是高的，港口地區那邊樹上的密度很高。 11. 有機農業並不是放棄隨它還

	<p>難的。</p>	<p>是會進行管理，管理可使用非農藥藥劑，在地農民會堆積一些物品，清理後其實有影響，我們有提供一些有機皂素也可達到效果，理論上國家公園不會有這個問題，但墾丁的情況比較特殊。目前看來黃狂蟻依附在人為活動環境附近。</p> <p>12. 在墾丁大概有 22 種螞蟻會誘捕到，會有族群變動，是好是壞取決我們對螞蟻的態度，環境中以外來種及大族群蟻種為主，22 種中有 6 種是外來種，3 種是百大入侵種，所以這邊有熱帶火蟻，熱帶大頭家蟻，所以黃狂蟻數量下降後，這些種類會上升，也有本土種數量會上來，一開始調查時其他種類螞蟻數量較低，現在已有回升。砂島後端，大頭家蟻有回來，但熱帶火蟻也上來，熱帶火蟻也是外來種，出現在人為破壞地。調查資料都有，只是報告內容針對黃狂蟻防治。</p> <p>13. 其他螞蟻並不是不會吃陸蟹，只是黃狂蟻佔據很快，黃狂蟻機制超級群落結構會讓陸蟹容易受傷，死亡率增加，在墾丁因為黃狂蟻族群密度高，因此看到，其他地方其實都可見到熱帶大頭家蟻，熱帶火蟻取食陸蟹路殺個體。</p> <p>14. 黃狂蟻主要藉由設施作移動，下大雨會躲在設施築巢，但環境變好便會出去，人工設施主要提供通道及短期築巢。</p>
--	------------	---

會議結論：期中報告審查通過。

散會時間：108 年 8 月 7 日中午 12 時

108 年度墾丁國家公園黃狂蟻防治監測成效評估計畫

期末報告審查會議會議紀錄

開會日期：中華民國 108 年 12 月 4 日下午 14 時

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主席致辭：感謝外聘委員前來協助審查工作。

業務課室報告：請國立彰化師範大學團隊進行簡報 20 分鐘後進行詢答。

服務廠商簡報：(詳如：期末報告書)。

審查委員提問及服務廠商回應：

提問人員	問題及意見	國立彰化師範大學回應
楊平世委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 三年來的執行成果和防治成效都有具體成績，值得肯定。 2. 建議將三年來的研究成果正式發表在國外期刊上，也令國際上瞭解國家公園在防治此外來種蟻類之努力。 3. 請國家公園加強社區和護蟹團體合作，將此防治方法作較長期推廣，可能的話也拍成 Youtube 或影片，提供防治和環境教育。 4. 為何香蕉灣因風災而族群會出現攀升現象？ 5. 由於需長期監測，若無持續計劃，建議將密度監測、分布和防治作為員工自行研究題目或社區、NGO 合作課題，持續監測及防治。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告中關於筆誤部分會再修正改進。 2. 在做超級群落的試驗時，每一組為不同地區，例如 B1 與 S1 間做 10 次，1 次做 10 分鐘，2 隻個體放入打架，會在報告內詳細說明。 3. 研究發表已經寫 2 篇，因為資料越來越多需要時間整理，有 1 篇是探討黃狂蟻與棲地動態變化，感謝管處讓團隊有機會能看到現場實際變化，聖誕島也還未有如此仔細的族群變動研究。 4. 宣導影片或新聞稿再請管處評估是否需求，團隊全力配合。 5. 有關環境變動，香蕉灣在 107 年前初，數量相對低，但在 107 年風災之後的調查發現數量上升，顏聖紘老師的團隊在這邊調查也發現細部環境被破壞後，量便整個出來，原本為鬱閉的森林變為開闊的森林，黃狂蟻喜破壞地，從破壞地邊緣開始進入，原本存在海岸林
程建中委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 肯定本計畫的工作成效及作法。 2. 建議整理報告書之 Reference，文中引用與文末 (p. 67-72) 列出一致。 3. p. 25 圖 15，建議(1)增加墾丁地區月均溫及月累積降水量，以配合瞭解各點之族群動態原因。(2)增加本地區陸蟹繁殖降海遷移熱季之時空標誌。 	

	<p>4. 表 2, p. 26(1)針對各項調查之%計算,請重新驗算。(2)重新驗證各餌站密度等級與危害嚴重度的關係。(3)分區分季分級之標定防治處理關鍵時間。(4)各區危害級數之趨勢標準是否一致?</p>	<p>邊緣,風災影響香蕉灣,便逐漸演變成無法控制的情況,會在報告中再詳細敘述。</p>
<p>馬協群委員</p>	<p>1. 黃狂蟻的影響度應該以〔誘引盒×嚴重度〕來表示,單純以誘引盒數的百分比來表示,會部會有偏差的問題。 2. 防治的年度效果的期待值是一年比一年好,均以最高值當作比較值,是否同樣產生讀者認知上的偏差。</p>	<p>6. 有關馬課長所提的圖表,是一開始調查到現在的變化量,圖表的變化是逐漸下降,會把每一年的最高點拉出來,因為有做防治理論上會越來越好,有些地區真的很好,比如湧泉區,是計畫開始時最嚴重的地方,湧泉和砂島較嚴重,但到後期整個比例上已降低。</p>
<p>陳松茂委員</p>	<p>1. 第 2 頁錯字溪「子」口,修正「仔」字,「沙」島修正「砂」字。第 20 頁圖八紅字後灣,位置應屬港口海岸林,請修正。第七項缺字「標」字。 2. 黃狂蟻防治依據研究似有可能降低棲群密度,惟經過一段時間後仍會發生超級群落現象,建請保育課視情於年度委辦案件標餘款或經營管理費用 10 萬元以下商請老師協助,藉重學術專業設置與回收誘引盒並於關鍵時段如暴雨、土石流或陸蟹降海產卵時期實施防治,達到保育和監測成效。</p>	<p>7. 程老師所提的數據是否算錯,計畫初期時香蕉灣是 61 個點,有的點是 121 個點,並沒有將前面的數據做校正,因此造成數據有上下的波動,會在報告中做說明,之前有委員提出,因此有校正回來,但之前的資料無法移除,會在圖說部分補充說明。</p>
<p>陳信宏技士</p>	<p>1. 黃狂蟻與外在因素(暴風雨、土石流)之關聯性為何? 2. 有關防治作業相關建議以繪圖與圖說方式呈現。</p>	<p>8. 逐漸變動的資料呈現變動趨勢,忠實呈現給大家看,有些區域會上升,會去瞭解其原因,像香蕉灣的原因就是後來逐漸抓出來。</p>
<p>林欽旭委員</p>	<p>1. 本案監測調查及防治成果,本處擬配合內政部營建署的記者會,適合嗎? 2. p18 敘述「每一組合試驗重複 10 次,記錄 10 分鐘」,請敘明每一次記錄多少時間?每一次時間差距?</p>	<p>9. 會將雨量的資料拿出來,使呈現上更加完整,後續發表也較為完整,而國家公園在風災後續監控也相對重要。</p> <p>10. 超級群落的資料是個重點,無論是委員或同仁都表達需要持續下去,團隊也會持續幫忙。</p> <p>11. 參考文獻部分會再做修正。</p> <p>12. 黃狂蟻與陸蟹棲地關係,會再與劉博士聯繫相關資料瞭解。</p>

- | | |
|--|---|
| <p>3. p18 量化攻擊行為分數，所稱「2分以上」、「2分以下」究竟有無包含2分，建議精準敘明。</p> <p>4. p19 第二段有關防治及族群分布調查之年期，載明「107年」？為筆誤嗎？</p> <p>5. 本計畫以建立監測調查及防治的標準作業程序，請問：
（一）管理處人員及志工有多少人有能力循此 SOP 來實際操作？（二）每一年防治之經費（包含防治必要之器物，餌劑等項目）大約需要多少？</p> <p>6. p15 倒數第 2 行「多蟻巢無」一詞，是何意涵？（有筆誤嗎？）</p> | <p>13. 時間空間上沒辦法呈現，圖上的顏色可呈現那級，並可看出這些點是否集中。另一個圖則可呈現三年來各地區的比例，每個級數的比例。如砂島和湧泉可看到期變化量為下降，但要同時呈現是不容易的。</p> <p>14. 志工教育訓練後有持續提供誘蟻盒來做執行，知道的是目前至少 2-3 位志工幫忙，這部分要再跟同仁確認。我的評估是用餌劑防治其技術面較高，且需要常常更換，若是誘蟻盒則放 1 個月回收，若積極點則看有蟻巢就收，這個方法是可執行的。我評估藥劑量和蟻盒若為 200 個，價錢可能 2-3 萬元，誘蟻盒可重複使用，除非被白蟻所食，可提供相關資材所需費用估價供管處參考。</p> <p>15. 目前課內和志工做的主要是集中在 1 個區塊，若未來團隊可 1 個月回來收或幫忙放是我們可以做的，餌站台是比較多的。明年本團隊仍想持續在園區內執行黃狂蟻調查會再提送計畫申請進入。就我評估，在陸蟹熱區放蟻盒是可行的，但回收後的處理將對同仁造成吃力的負擔，收放不會是問題，但後續螞蟻處理(挑整分類)可能仍需團隊幫忙，未來常態進行時，陸蟹季或冬季則可先施放蟻盒，就是後續回收後的處理，若無足夠人力支援也只能將其冷藏後直接倒掉，但對學術研究上就比較可惜，因為就學術研究價值來說，裡</p> |
|--|---|

		面的螞蟻計數數量及整體狀況等資料是很重要，可作為超級群落狀況的評估瞭解，但這部分所需要的能量是較多的。
--	--	---

會議結論：期末報告審查通過，請團隊再針對委員意見修正補充報告。

散會時間：108 年 12 月 4 日下午 15 時

參考書目

- 王巧萍。2014。103 年度「墾丁國家公園龍坑及南仁山生態保護區環境教育活動模式與環境衝擊評估案」。墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告 123 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 年度墾丁國家公園黃狂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 年度港口地區黃狂蟻調查」。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黃狂蟻監測與防治計畫」。墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告 82 頁。
- 林宗岐、吳文哲。2003。台灣螞蟻相 (膜翅目：蟻科) 一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.

- Abbott KL, Green PT. 2007. Collapse of an ant-scale mutualism in a rainforest on Christmas Island. *Oikos*. 116: 1238–1246.
- Abbott KL, Greaves SNJ, Ritchie PA, Lester PJ. 2007. Behaviourally and genetically distinct populations of an invasive ant provide insight into invasion history and impacts on a tropical ant community. *Biol. Invasions* 9: 453–463.
- 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.
- Boland CRJ, Smith MJ, Maple D, Tiernan B, Barr R, Reeves R, Napier F. 2011. Heli-baiting using low concentration fipronil to control invasive yellow crazy ant supercolonies on Christmas Island, Indian Ocean. *In*: Veitch CR, Clout MN, and Towns DR (eds.). *Island invasives: eradication and management*, pp. 152–156. IUCN, Gland, Switzerland.
- Bos MM, Tylianakis JM, Steffan-Dewenter IS, Tscharntke T. 2008. The invasive yellow crazy ant and the decline of forest ant diversity in Indonesian cacao agroforests. *Biol. Invas.* 10: 1399–1409.
- Chong KF. 2008. Food preference, competition and control of the long-legged ant, *Anoplolepis gracilipes* (Fr. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) (Unpublished master thesis). Universiti Sains Malaysia.
- Davis NE, O'dowd DJ, Green PT, Nally RM. 2008. Effects of an alien ant invasion on abundance, behavior, and reproductive success of endemic island birds. *Conser. Biol.* 22(5): 1165-1176.
- Davis NE, O'Dowd DJ, Mac Nally R, Green PT. 2009. Invasive ants disrupt frugivory by endemic island birds. *Biol. Lett.* 6(1): 85-88.
- 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.
- Feare C. 1999. Ants take over from rats on Bird Island, Seychelles. *Bird Conserv. Intern.* 9(1): 95-96.
- Fluker SS, Beardsley JW. 1970. Sympatric associations of three ants: *Iridomyrmex humilis*, *Pheidole megacephala*, and *Anoplolepis longipes* in Hawaii. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 63: 1290-96.
- Green PT, O'Dowd DJ, Lake PS. 1999. Alien ant invasion and ecosystem collapse on Christmas Island, Indian Ocean. *Aliens* 9: 2-4.
- Green PT, O'Dowd DJ 2009. Management of invasive invertebrates: lessons from the management of an invasive alien ant. *In*: Clout MN and Williams PA (eds.). *Management of invasive species*, pp. 153–172. Oxford University Press, Oxford, UK.
- 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. 1978. Pest status of the crazy ant, *Anoplolepis longipes* (Jerdon) (Hymenoptera: Formicidae), in the Seychelles. *Bull. Entomol. Res.* 68: 627-638.
- Haines IH, Haines JB. 1979. Residual sprays for the control of the crazy ant *Anoplolepis longipes* (Jerd.) in the Seychelles. *Pest. Sci.* 10: 201-206.
- Haines IH, Haines JB. 1979. Toxic bait for the control of *Anoplolepis longipes* (Jerdon) (Hymenoptera: Formicidae) in the Seychelles. III. Selection of toxicants. *Bull. Entomol. Res.* 69: 203-211.
- 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.
- Hill M, Holm K, Vel, T, Shah NJ, Matyot P. 2003. Impact of the introduced yellow crazy ant *Anoplolepis gracilipes* on Bird Island, Seychelles. *Biodiv. Conserv.* 12: 1969 – 1984.
- 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.
- Holway, DA and Suarez AV. 1999. Animal behavior: An essential component of invasion biology. *Trend. Ecol. Evol.* 14: 328-330.
- Holway DA, A David, Lach L, Suarez AV, Tsutsui ND, Case TJ. 2002. The causes and consequences of ant invasions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 33: 181–233.
- Hölldobler B, Wilson EO. 1990. *The Ants*. The Belknap Press of Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.
- Holway DA, Lach L, Suarez AV, Tsutsui ND, Case TJ. 2002. The Causes and Consequences of Ant Invasions. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33: 181-233.
- 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.
- Jeschke JM, Strayer DL. 2005. Invasion success of vertebrates in Europe and North America. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 102: 7198–7202.
- Johnson RA, Ward PS. 2002. Biogeography and endemism of ants (Hymenoptera: Formicidae) in Baja California, Mexico: a first overview. *J. Biogeogr.* 29: 1009-1026.

- 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.
- Kirschenbaum R, Grace JK. 2008. Agonistic responses of the tramp ants *Anoplolepis gracilipes*, *Pheidole megacephala*, *Linepithema humile*, and *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 51: 673-84.
- 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.
- Lewis T, Cherrett JM, Haines I, Haines JB, Mathias PL. 1976. The crazy ant (*Anoplolepis longipes* (Jerd.) (Hymenoptera, Formicidae)) in Seychelles, and its chemical control. *Bull. Entomol. Res.* 66: 97-111.
- Lowe S. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the Global Invasive Species Database [http:// www.issg.org/database](http://www.issg.org/database). The Invasive Species Specialist Group (ISSG) New Zealand.
- McGlynn TP. 1999. The worldwide transfer of ants: geographical distribution and ecological invasions. *J. Biogeog.* 26: 535–548.
- Moller H. 1996. Lessons for invasion theory from social insects. *Biol. Conserv.* 78: 125–142.
- Maple D., O'Dowd D, Green P, Neumann G, Wittman S. 2016. Christmas Island Yellow Crazy Ant Control Program: Moving from Chemical Control to a Biological Control Future. Christmas Island National Park Parks Australia, La Trobe University. 22 pp.
- 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.

O'Dowd D J, Green, PT, Lake PS. 2003. Invasional 'meltdown' on an oceanic island. *Ecol. Letters* 6: 812-817.

Parks Australlia. 2016. Christmas Island Yellow Crazy Ant Control Program: Moving from Chemical Control to a Biological Control Future.

Pimm SL. 1991. *The Balance of Nature: Ecological Issues in the Conservation of Species and Communities*. University of Chicago Press, Chicago, IL.

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.

Suarez AV, McGlynn TP, Tsutsui ND. 2010. Biogeographic and taxonomic patterns of introduced ants. *In: Ant Ecology*, Lach L, Abbott K, and Parr K, eds., Oxford University Press, pp. 233-244.

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.

Veeresh GK. 1987. Pest status of crazy ant *Anoplolepis longipes* (Jerdon) in Karnataka, India, and causes for its outbreak. *In: Chemistry and biology of social insects* (ed by J. Eder & H. Rembold), 667-668.

Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL, Westbrook R. 1996. Biological invasions as global environmental change. *Am. Sci.* 84: 468-478.

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.

歡迎蒞臨墾丁國家公園！

旅遊時請注意自身安全及善用墾管處網頁裏面的旅遊安全資訊。

對於墾管處典藏保存的文件影像等檔案，您如有需要抄錄、閱覽、複製或

影印，也歡迎您前來申請喔！

墾丁國家公園管理處關心您！