

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研究報告(107年度)

# 「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研究報告

中華民國107年12月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

契約編號：486-106-05-493

# 「107 年度墾丁國家公園入侵黃狂蟻監測與防治計畫」

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

研究助理：許伯誠

墾丁國家公園管理處委託研究報告

中華民國107年12月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

# 107 年度墾丁國家公園入侵黃狂蟻監測與防治計畫

## 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	107	計畫編號	486-106-05-493
四、計畫性質	委託辦理		
五、計畫期間	107/01/16~107/12/31		
六、本期期間	107/01/16~107/12/31		
七、計畫經費	852 仟元		
	資本支出	仟元	經常支出 元
	土地建築	仟元	人事費 599266 元
	儀器設備	仟元	業務費 15000 元
	其 他	仟元	差旅費 100000 元
			設備使用及維護費租金等 0 仟元
			材料費 52759 元
			其 他 0 仟元
			雜支費 7520 元
			行政管理費 77455 元
八、摘要關鍵詞 (中英文各三筆)	黃狂蟻、外來種螞蟻、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
<b>第一章 計畫主旨 .....</b>	<b>1</b>
第一節 主題 .....	1
第二節 緣起 .....	1
第三節 預期目標 .....	2
<b>第二章 計畫主題背景及有關文獻之檢討 .....</b>	<b>3</b>
第一節 外來入侵螞蟻 — 黃狂蟻 .....	3
第二節 黃狂蟻的生態危害 .....	5
第三節 黃狂蟻的調查與防治 .....	7
<b>第三章 調查方法與過程 .....</b>	<b>11</b>
第一節 調查範圍及過程 .....	11
第二節 黃狂蟻族群的調查方法 .....	11
第三節 墾丁國家公園黃狂蟻的防治 .....	13
第四節 黃狂蟻的超級群落範圍與變動 .....	15
<b>第四章 成果 .....</b>	<b>17</b>
第一節 黃狂蟻調查樣點與防治樣點分布 .....	17
第二節 黃狂蟻干擾程度分級 .....	21
第三節 107年2、4、6、8、10、12月各樣區黃狂蟻分布現況調查與分析 ..	22
第四節 黃狂蟻的超級群落範圍與變動 .....	44
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>49</b>
<b>附錄：會議紀錄 .....</b>	<b>55</b>
<b>參考書目 .....</b>	<b>77</b>

表 次

表一 黃狂蟻監測調查樣區中各月份人工蟻巢誘引盒黃狂蟻蟻巢回收數 .....	23
表二 106年和107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樣點數與百分比 .....	25
表三 各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 .....	47
表四 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 .....	48

## 圖 次

圖一	黃狂蟻/長腳捷山蟻工蟻.....	4
圖二	黃狂蟻分布於世界各地區的現況.....	4
圖三	液態餌站誘集到的黃狂蟻.....	12
圖四	黃狂蟻防治用誘餌裝置.....	14
圖五	黃狂蟻人工蟻巢誘引盒裝置.....	14
圖六	本計畫黃狂蟻分有與監測調查六個樣區位置圖.....	17
圖七	後灣的黃狂蟻監測樣點.....	18
圖八	香蕉灣的黃狂蟻監測樣點.....	18
圖九	砂島的黃狂蟻監測樣點.....	18
圖十	湧泉區 (1, 2) 的黃狂蟻監測點.....	19
圖十一	港口樣區的黃狂蟻監測樣點.....	19
圖十二	香蕉灣的黃狂蟻防治樣點.....	20
圖十三	砂島的黃狂蟻防治樣點.....	20
圖十四	港口的黃狂蟻防治樣點.....	21
圖十五	液態餌站所誘集到不同密度程度的黃狂蟻.....	22
圖十六	回收有黃狂蟻巢的人工蟻巢誘引盒.....	23
圖十七	106 年與 107 年不同月份各樣區黃狂蟻樣點數百分比趨勢圖.....	25
圖十八	106 年與 107 年 2、4、6、8、10、12 月後灣樣區黃狂蟻分布狀況.....	28
圖十九	106 年與 107 年不同月份後灣樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖.....	28
圖二十	106 年與 107 年 2、4、6、8、10、12 月香蕉灣樣區黃狂蟻分布狀況.....	32
圖二十一	106 年與 107 年不同月份香蕉灣樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖.....	32
圖二十二	106 年與 107 年 2、4、6、8、10、12 月砂島樣區黃狂蟻分布狀況.....	36
圖二十三	106 年與 107 年不同月份砂島樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖.....	36
圖二十四	106 年與 107 年 2、4、6、8、10、12 月湧泉區樣區黃狂蟻分布狀況.....	40
圖二十五	106 年與 107 年不同月份湧泉區樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖.....	40
圖二十六	106 年 10-12 月至 107 年 2-12 月港口樣區黃狂蟻分布狀況.....	43
圖二十七	106 年與 107 年不同月份港口樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖.....	43
圖二十八	攻擊行為試驗各調查樣區中黃狂蟻蟻巢的採樣位置圖.....	45





## 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」與「106 年度港口地區黃狂蟻調查」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，所形成的超級群落 (supercolony) 造成墾丁陸蟹族群非常大的威脅。

### 二、方法及過程

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中黃狂蟻的分布與族群度，並更明確了解陸蟹分布熱區中黃狂蟻超級群落 (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，開始進行液態餌劑的防治作業，並評估液態餌劑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。目前計畫前半期已完成後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區、港口等六個黃狂蟻監測調查樣區，已完成 6 次黃狂蟻監測調查 (2 月、4 月、6 月、8 月、10 月及 12 月) 與 6 次黃狂蟻防治作業 (1 月、3 月、5 月、7 月、9 月及 11 月)。並於後灣、砂島、湧泉區及港口等樣區中設置 45 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 107 年 10 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，但非主要防治區香蕉灣與後灣黃狂蟻的分布與密度有稍微升高的現象。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] and [Invasion status of *Anoplolepis gracilipes* at Gangkou area in 2017], *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 will continue 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 will be carried out as well in areas with high-density *A. gracilipes* populations. The effectiveness of liquid bait will 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 three times of monitoring survey (February, April, and June) and treatment operation (January, March, May), respectively. Furthermore, a total of 45 artificial nest was deployed around several study sites (i.e., Houwan, Shadao, Natural

Spring and Gangkou). These artificial nest were inspected monthly and those successfully colonized by *A. gracilipes* will be collected back to the laboratory.

### 3. Important findings

According to 6 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 (Shadao, Natural Spring and Gangkou) controlled by liquid bait and removal of artificial nest were significantly lower than last year. In contrast, there was a slightly increase in the distribution and density of *A. gracilipes* populations in those area without major treatment (Hsiangchiaowan and Houwan). 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) We should 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 2015)，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。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」與「106 年度港口地區黃狂蟻調查」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，所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。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，開始進行液態餌劑的防治作業，並持續評估液態餌劑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、港口溪河口及溪子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，便記錄在香蕉灣與沙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。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」與「106 年度港口地區黃狂蟻調查」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) 有較高族群數量的分布，所形成的超級群落 (supercolony) 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。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。

### 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、後灣及港口海岸林) 進行黃狂蟻的入侵現況調查，建立偵測方法及危害評估的標準作業程序 (SOP)，並進行潛在生態環境衝擊之
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、後灣及港口海岸林) 進行黃狂蟻的餌劑防治作業。
3. 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。



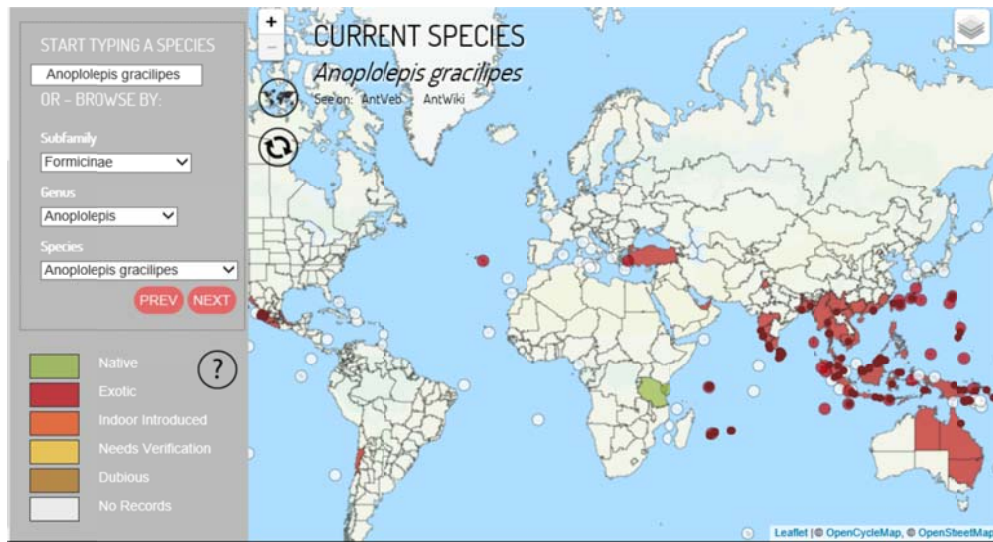
## 第二章、計畫主題背景及有關文獻之檢討

### 一、外來入侵螞蟻 — 黃狂蟻

外來物種的入侵，可能對於原生生物、環境等有嚴重影響。也許是因為物種種類數較貧瘠 (Williamson, 1981)、食物網簡單 (Pimm, 1991) 或入侵物種數量較多 (Vitousek *et al.*, 1996) 等的關係，使入侵生物在島嶼型生態系的影響更為明顯 (Usher *et al.*, 1988)，其中社會昆蟲，特別是螞蟻，是最具破壞性的入侵物種之一 (Moller, 1996; Chapman & Bourke, 2001; Holway *et al.*, 2002)。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是非洲起源的螞蟻種類，但已經長期因為人類的經濟活動擴散至全世界各地區，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)。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。(本次研究)



圖二 黃狂蟻分布於世界各地區的現況 (綠色為原棲地，紅色為入侵地)。(Antmaps 網站)

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)。

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/長腳捷山蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 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。在黃狂蟻的入侵地裡，超

級群落的形成並不罕見 (Abbott 2005, 2006; Drescher *et al.* 2007)。以聖誕島為例，黃狂蟻於 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% 被長腳捷山蟻所佔領，在這些形成超級群落的螞蟻通常會在林地環境覓食，而黃狂蟻的密度足以在 24 小時內殺死紅蟹，黃狂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罐頭金槍魚)，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)。黃狂蟻有嗜糖和偏好液體食物的行為 (Chong 2008)。前期「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」與「106 年度港口地區黃狂蟻調查」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)。並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而需要持續施藥 (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。

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。在前期「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」計畫中，

以 10% (w/v) 蔗糖溶液液態餌劑 (搭配 2% w/v 有效防治藥劑四硼酸鈉  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 於黃狂蟻的取食性上具取食偏好性的。

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例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。





## 第三章、調查方法與過程

### 一、調查範圍及過程

對於園區陸蟹熱點區域 (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 個偵測點與 60 個防治點。規劃自 2018 年 2、4、6、8、10、12 月進行全樣區 (陸蟹熱點區域) 調查樣點黃狂蟻族群與危害程度之偵測。並黃狂蟻熱點樣區執行全面性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 (圖三)。

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，於調查偵測時均以溫濕度記錄儀記錄調查時的溫濕度，以確實了解調查偵測時的環境條件。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。



圖三 液態餌站誘集到的黃狂蟻 (餌站設置 30 分鐘後)。(本次研究)

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 分鐘調查餌站出現的黃狂蟻數量在 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、墾丁國家公園黃狂蟻的防治

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作用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每個調查樣區中各設置 60 個防治點。防液態餌劑將以每次 50 CC 濃度 2% 四硼酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 混合 10% (w/v) 蔗糖水進行黃狂蟻防治，並將液態餌劑防治餌劑將設置位置設置地上餌站或樹上餌站(圖四)，

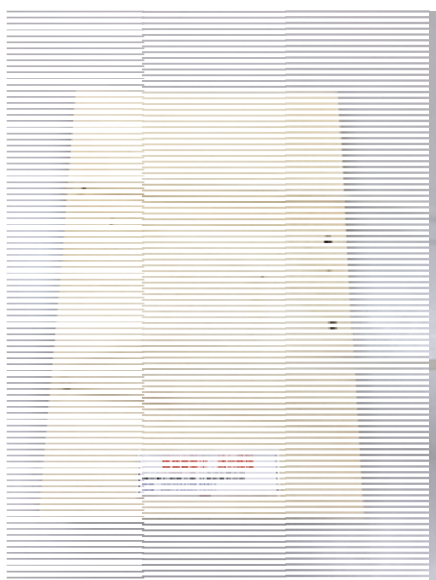
107 年度墾丁國家公園入侵黃狂蟻監測與防治計畫 蟹誤食，液態餌劑放置後 24 小時回收。

依照黃狂蟻的的行為生態習性：多蟻后 (polygyny)、多蟻巢無 (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) (圖五) 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，若蟻巢誘引盒無蟻巢進駐則持續置放於同一地點。



圖四 黃狂蟻防治用誘餌裝置。(本次研究)



圖五 黃狂蟻人工蟻巢誘引盒裝置。(本次研究)

#### 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。

## 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 106 年的陸蟹分布熱區中入侵種黃狂蟻族群分布調查計畫，於後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區和港口等六個陸蟹熱點區域(圖六) 分別建立 60、61、61、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七至圖十一所示。

後灣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。



圖六 本計畫黃狂蟻分布與監測調查六個樣區位置圖（後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區和港口）。（本次研究）



圖七 後灣的黃狂蟻監測樣點 (樣點數：60)。(本次研究)



圖八 香蕉灣的黃狂蟻監測樣點 (樣點數：61)。(本次研究)



圖九 砂島的黃狂蟻監測樣點 (樣點數：61)。(本次研究)





圖十 湧泉區 (1, 2) 的黃狂蟻監測點 (樣點數：120)。(本次研究)



圖十一 港口區的黃狂蟻監測樣點 (樣點數：62)。(本次研究)

本計畫比較前期計畫 106 年的陸蟹分布熱區中入侵種黃狂蟻族群分布調查計畫的資料，於香蕉灣、砂島及港口海岸林三個陸蟹熱點中黃狂蟻分布較嚴重的區域各設置 60 個防治點 (因為兩個湧泉區有農業活動影響，而未能設置餌站防治點，但防治作業會以人工蟻巢誘引盒進行)(圖十二至圖十四)，其中香蕉灣防治樣區約涵蓋約 6 個監測樣點、砂島防治樣區約涵蓋約 4 個監測樣點、港口防治樣區約涵

蓋約 18 個監測樣點在防治樣區中設置地上餌站或樹上行餌站，以每次 50 CC 濃度 2% 四硼酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 混合 10% (w/v) 蔗糖水的液態餌劑進行黃狂蟻防治。液態餌劑放置後 24 小時回收。本計畫於 107 年 1 月、3 月、5 月、7 月、9 月及 11 月在各防治樣點進行一次黃狂蟻防治，並於 107 年 2 月、4 月、6 月、8 月、10 月及 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。



圖十二 香蕉灣的黃狂蟻防治樣點。(本次研究)



圖十三 砂島的黃狂蟻防治樣點。(本次研究)



圖十四 港口的黃狂蟻防治樣點(本次研究)

人工蟻巢誘引盒設施防治方法則是在後灣、砂島、湧泉區及港口等樣區中的 60 地點蟻巢誘引盒設置 (香蕉灣未設置以進行對照比較), 各區設置點分別為後灣 6、砂島 6、兩個湧泉 24 及港口 24。並於每月進行蟻巢誘引盒的檢查若發現有螞蟻蟻巢進駐則將人工蟻巢誘引盒取回, 並放置新的蟻巢誘引盒於同一地點。

## 二、黃狂蟻干擾密度程度分級

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, 是以 30 分鐘檢查餌站上黃狂蟻的數量(以照片輔助計算螞蟻個體數量)。密度級數將分為 5 個分級分別為, 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 (圖十五)。



圖十五 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）。（本次研究）

### 三、107 年 2、4、6、8、10、12 月各樣區黃狂蟻分布現況調查與防治成效分析

本年度計畫期末報告前於後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區、港口等六個黃狂蟻監測調查樣區，已完成 6 次黃狂蟻監測調查（2 月、4 月、6 月、8 月、10 月及 12 月）與 6 次黃狂蟻防治作業（1 月、3 月、5 月、7 月、9 月及 11 月）。此外，已於 3 月完成設置後灣、砂島、湧泉區，4 月完成港口樣區的人工蟻巢誘引盒設置作業，並於每個月進行人工蟻巢誘引盒的檢查與回收作業。人工蟻巢誘引盒回收資料顯示，在設置的 60 個人工誘引盒地點中 4~12 月內共採獲 80 巢黃狂蟻蟻巢（圖十六、表一），後灣區未採集到蟻巢，砂島區採集到 12 巢黃狂蟻的蟻巢，湧泉區有 31 巢及港口區 37 巢；各月份除 6 月份和 12 月份外其他月份均超過 10 巢，其中又以 11 月份採獲 18 巢數量最多。這些誘集到黃狂蟻的蟻巢內各階級個體數分別為：蟻后數在 2~26 隻間，雄蟻 0~32 隻間，工蟻 1200~4500 隻間。



圖十六 回收有黃狂蟻蟻巢的人工蟻巢誘引盒 (左 港口區、右 湧泉區)。  
(本次研究)

表一 黃狂蟻監測調查樣區中各月份人工蟻巢誘引盒黃狂蟻蟻巢回收數

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計
後灣(6)	0	0	0	0	0	0	0	0
砂島(6)	0	3	2	1	3	3	0	12
湧泉(24)	4	3	6	5	4	5	4	31
港口(24)	1	4	7	5	6	10	4	37
總計	5	10	15	11	13	18	8	80

106 年度與 107 年度各樣區的黃狂蟻分布調查結果如表二和圖十七所示，在兩個年度中後灣樣區是各樣區中黃狂蟻分布最少的，分布樣點百分比在 0%~5% 左右，且兩個年度的黃狂蟻沒有明顯變化趨勢，10 月是 107 和 106 年度黃狂蟻出現次數最多的月份，是需要注意狀況。後灣地區黃狂蟻分布較極限危害程度較少，本年度仍以偵測作業為主未進行防治作業，但若黃狂蟻的分布與危害有升高趨勢，將會評估開始進行餌劑防治作業。

107 年香蕉灣樣區的黃狂蟻調查樣點數介於 13%~32% 間，在 6 月至 12 月有上升的趨勢，跟 106 年度相同。10 月和 12 月為黃狂蟻危害最嚴重的月份。107 年各月份的黃狂蟻危害較 106 年較嚴重，顯示香蕉灣的黃狂蟻分布有逐年上升。

砂島樣區調查到黃狂蟻的樣點數在 107 年度介於 6.7%~23% 間，經過餌劑防治後黃狂蟻分布樣點數明顯下降，其中以 11 月的 4 個樣點(6.7%)最低。107 年各月份的黃狂蟻樣點均較 106 年較低，顯示砂島樣區的黃狂蟻分布有逐年下降趨勢，其中以 10 月份的樣點數百分比變化(32.8% → 6.7%)最為明顯。

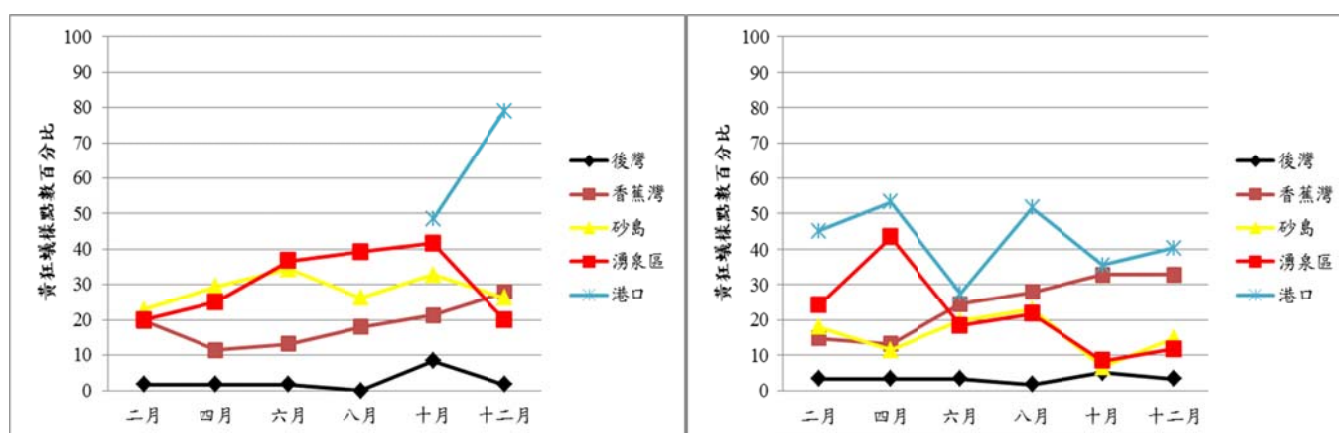
兩個湧泉區 107 年的黃狂蟻樣點數介於 8.3%~43.3% 間，以 4 月的 52 個樣點(43.3%)最為嚴重，但自 6 月起逐月下降，至 10 月已下降至 10 個調查樣點(8.3%)。與 106 年度的調查結果比較，107 年的各月份黃狂蟻危害自 4 月起均較 106 年度低，其中以 10 月份的黃狂蟻樣點百分比變化(41.7% → 8.3%)最為明顯。

港口樣區 107 年度的黃狂蟻樣點數介於 27.4%~52.2% 間，為六個樣區中最嚴重，各月份中以 4 月的 33 個樣點數(52.2%)最多。107 年的黃狂蟻危害較 106 年度低，以 12 月的黃狂蟻樣點百分比變化(79.3% → 40.3%)最為明顯。

表二 106 年和 107 年墾丁國家公園黃狂蟻調查樣區（後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉、港口）以餌站誘集到黃狂蟻的調查樣點數與百分比

調查樣區(樣點數)	月份					
	二月	四月	六月	八月	十月	十二月
後灣(60)						
106 年	1 (1.7%)	1 (1.7%)	1 (1.7%)	0 (0%)	<b>5 (8.3%)</b>	1(1.7%)
107 年	2 (3.3%)	2 (3.3%)	2 (3.3%)	1 (1.7%)	<b>3 (5%)</b>	2 (3.3%)
香蕉灣(61)						
106 年	12 (19.7%)	7 (11.5%)	8 (13.1%)	11 (18.0%)	13 (21.3%)	<b>17(27.9%)</b>
107 年	9 (14.8%)	8 (13.1%)	15 (24.6%)	17 (27.9%)	<b>20 (32.8%)</b>	<b>20 (32.8%)</b>
砂島(61)						
106 年	14 (23.0%)	18 (29.5%)	21 (34.4%)	16 (26.2%)	20 (32.8%)	16(26.2%)
107 年	11 (18.0%)	7(11.5%)	12 (19.7%)	14 (23.0%)	4 (6.6%)	9 (14.8%)
湧泉區(120)						
106 年	24 (20.0%)	30 (25.0%)	44 (36.7%)	47 (39.2%)	<b>50 (41.7%)</b>	24(20.0%)
107 年	29 (24.2%)	52 (43.3%)	22 (18.3%)	26 (21.7%)	10 (8.3%)	14 (11.7%)
港口(62)						
106 年					30(48.39%)	<b>49 (79.03%)</b>
107 年	28 (45.2%)	<b>33 (53.2%)</b>	17 (27.4%)	32 (51.61%)	22 (35.5%)	25 (40.32%)

註：粗體字為當年度中最高出現黃狂蟻樣點數。



圖十七 106 年(左)與 107 年(右)不同月份各樣區黃狂蟻樣點數百分比趨勢圖。  
(本次研究)

## 1. 後灣樣區（非防治樣區）黃狂蟻分布現況

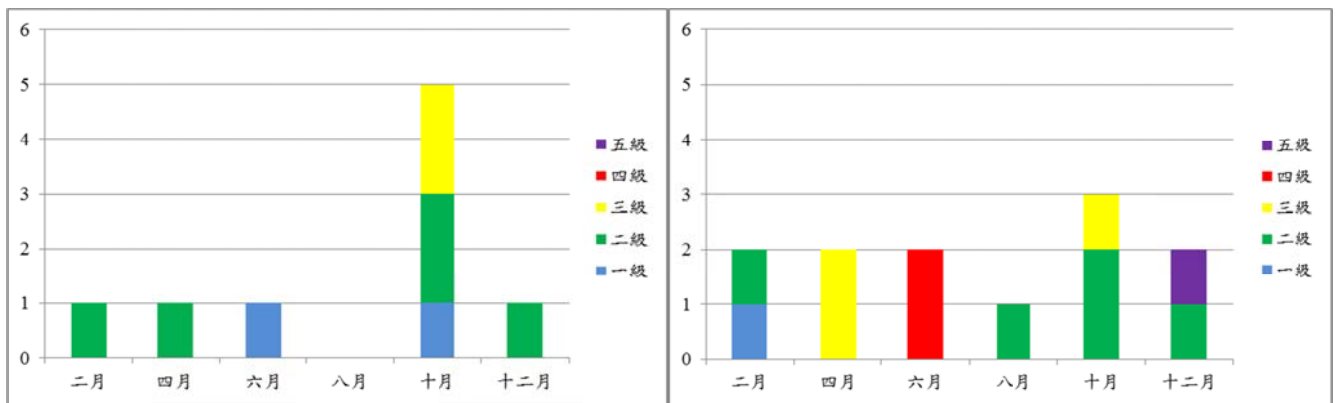
107 年 2 月在後灣的 60 個樣點中，有 2 個樣點發現黃狂蟻（圖十八），其中有 1 個樣點達到一級輕度危害、有 1 個樣點達到二級中度危害，其分布位置位於樣區南邊車道兩端。4 月的樣點中，有 2 個樣點達到三級中高度危害，其分布位置位於樣區南邊車道兩端。6 月的樣點中，有 2 個樣點達到四級高度危害，其分布位置位於樣區南邊車道上。8 月的樣點中，有 2 個樣點達到二級高度危害，有 1 個樣點達到三級中高度危害，分布位置位於樣區南邊車道上。10 月的樣點中，有 2 個樣點達到二級高度危害，有 1 個樣點達到三級中高度危害，其分布位置位於樣區南邊車道上。12 月的樣點中，有 2 個樣點達到二級高度危害，有 1 個樣點達到三級中高度危害，其分布位置位於樣區南邊車道上。後灣樣區是本計畫 6 個墾丁樣區中黃狂蟻分布比較少且侷限的地區。比較 106 年度的調查資料，107 年的黃狂蟻密度與 106 年度相近，但分布位置與 106 年較為不同。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，而 107 年黃狂蟻的分布位於樣區南邊車道上。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 年黃狂蟻的危害程度卻逐月增加，在 6 月的監測中已有 2 個樣點呈高度危害，在 12 月的監測中有 1 個樣點呈嚴重危害(圖十九)。







圖十八 106 年與 107 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)。(本次研究)



圖十九 106 年(左)與 107 年(右)不同月份後灣樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。(本次研究)

## 2. 香蕉灣樣區（餌劑防治樣區）黃狂蟻分布現況

107年2月香蕉灣樣區的61個樣點中，有9個樣點發現黃狂蟻，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(圖二十)，分布區域多靠近南邊漁港的海岸林，少部分出現在樣區北部的車道，分布範圍長約800公尺。在防治範圍6個監測樣點中，有1個樣點呈一級輕度危害。

4月的樣點中，有7個樣點發現黃狂蟻，其中3個樣點屬於一級輕度危害、2個樣點屬於二級中度危害、2個樣點屬三級中高度危害，入侵較嚴重的區域多靠近南邊漁港的週邊，少部分出現在樣區北部和中部的車道。在防治範圍6個監測樣點中，有1個一級及1個二級危害。

6月的樣點中，有15個樣點發現黃狂蟻，其中4個樣點屬於二級中度危害、8個樣點屬於三級中高度危害、3個樣點屬四級高度危害，黃狂蟻危害較嚴重的區域位於未防治區域路邊及南邊海岸林。在防治範圍6個監測樣點中，有2個三級以及1個四級危害。

8月的樣點中，有17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、7個樣點屬於三級中高度危害、5個樣點屬四級高度危害，黃狂蟻危害較嚴重的區域位於中部的未防治區域以及南部的海岸林路邊。在防治範圍6個監測樣點中，有1個一級、1個二級、2個三級及2個四級危害。

10月的樣點中，有20個樣點發現黃狂蟻，其中1個樣點屬於一級輕度危害、9個樣點屬於二級中度危害、8個樣點屬於三級中高度危害、1個樣點屬四級高度

107 年度墾丁國家公園入侵黃狂蟻監測與防治計畫，黃狂蟻危害較嚴重的區域位於樣區未防治的中部區域路邊及南邊海岸林。在防治範圍 6 個監測樣點中，有 1 個二級、1 個三級及 1 個四級危害。

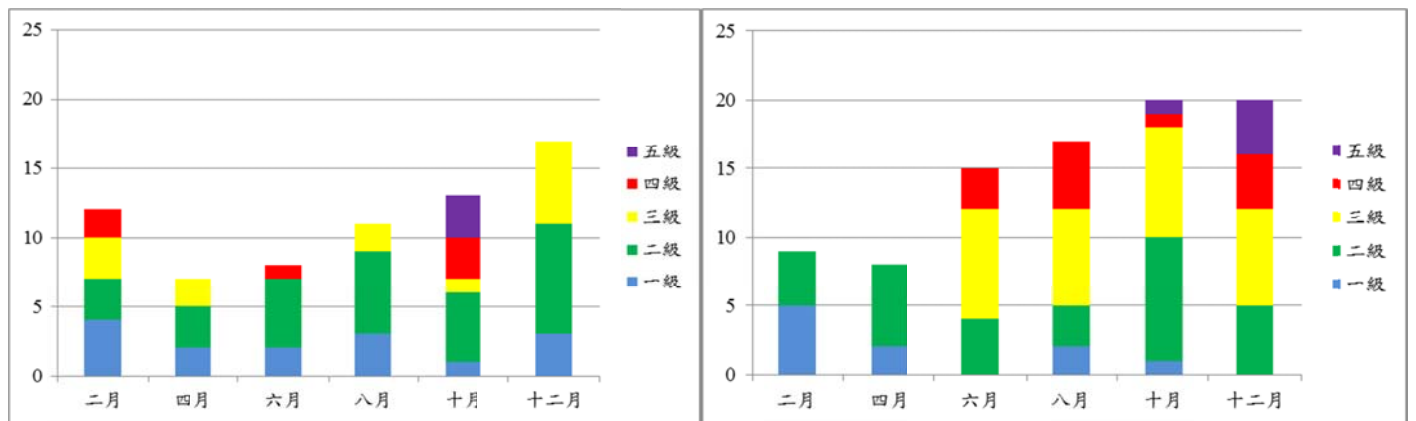
12 月的樣點中，有 20 個樣點發現黃狂蟻，其中 5 個樣點屬於二級中度危害、7 個樣點屬於三級中高度危害、4 個樣點屬四級高度危害、4 個樣點屬於五級嚴重危害，黃狂蟻危害較嚴重的區域位於樣區未防治的中部區域路邊及南邊海岸林。在防治範圍 6 個監測樣點中，有 1 個二級、2 個三級及 1 個五級危害。

10 月和 12 月是 106 年度和 107 年度香蕉灣樣區黃狂蟻危害最嚴重的月份(圖二十一)，但兩年度的黃狂蟻分布有所不同。106 年度黃狂蟻的危害主要集中在樣區東南部，在樣區中部的周邊車道有零星危害；在 107 年度黃狂蟻危害密度在香蕉灣樣區南部有減少，但在中部和北部均有黃狂蟻分布出現，顯示有向北擴張之趨勢。107 年 4 月和 10 月在樣區西北靠近船帆石附近出現黃狂蟻二級危害，在 12 月在樣區中部有 3 個樣點出現嚴重危害，顯示黃狂蟻危害已由南擴張到整個香蕉灣樣區的周邊車道，且有嚴重的危害。





圖二十 106 年與 107 年 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)。(本次研究)



圖二十一 106 年(左)與 107 年(右)不同月份香蕉灣樣區黃狂蟻危害級數趨勢 (本次研究)

### 3. 砂島樣區（餌劑與人工蟻巢誘引盒防治樣區）黃狂蟻分布現況

107年2月在砂島樣區樣點的61樣點中，有11個樣點發現黃狂蟻（圖二十二），其中1個樣點屬於一級輕度危害、5個樣點屬於二級中度危害、5個樣點屬三級中高度危害、1個屬於四級高度危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及週邊海岸林，但在樣區中間和南端各一個一級危害和二級危害。在防治範圍4個監測樣點中，有1個二級危害。

4月的樣點中，有7個樣點發現黃狂蟻，其中3個樣點屬於一級輕度危害、2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北邊的車道及週邊海岸林。在防治範圍4個監測樣點中，無黃狂蟻的危害。

6月的樣點中，有12個樣點發現黃狂蟻，其中1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、2個屬於四級高度危害，1個樣點屬於五級嚴重危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及週邊海岸林，但在樣區南端有一個樣點呈二級危。在防治範圍4個監測樣點中，有1個二級、1個二級、1個三級及1個四級危害。

8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、10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北邊的車道及週邊海岸林，但在樣區南端有一個樣點呈二級危害。在防治範圍4個監測樣點中，有1個二級、1個二級、1個三級及1個四級危害。

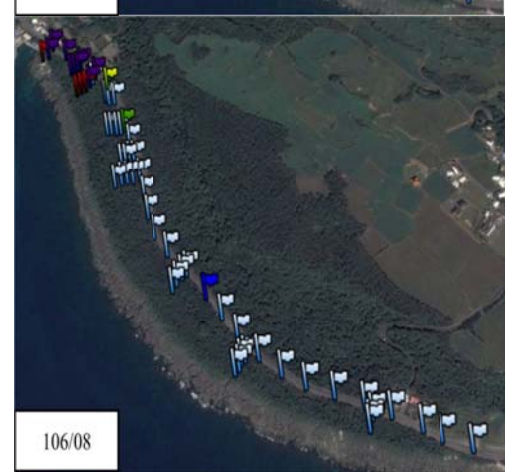
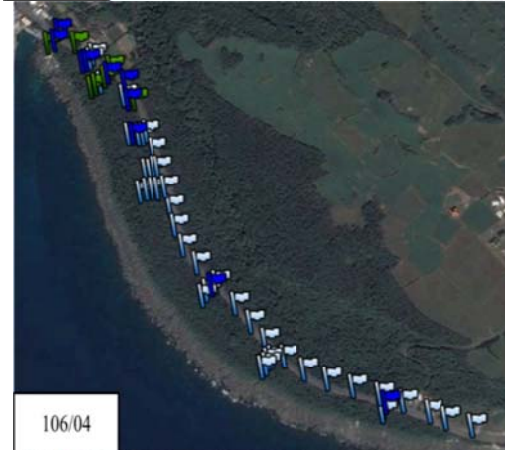
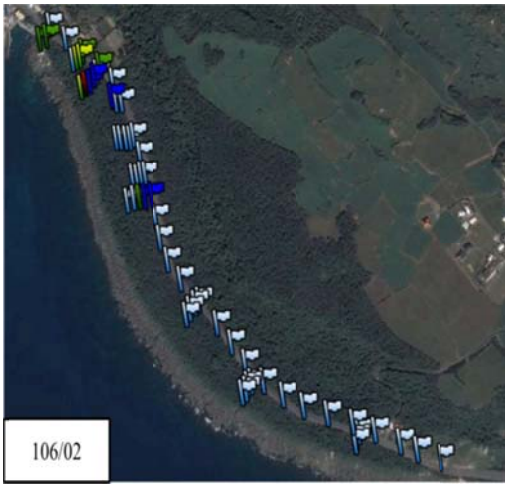
10月的樣點中，有12個樣點發現黃狂蟻，其中1個樣點屬於一級輕度危害、5個樣點屬於二級中度危害、3個樣點屬三級中高度危害、2個屬於四級高度危害，

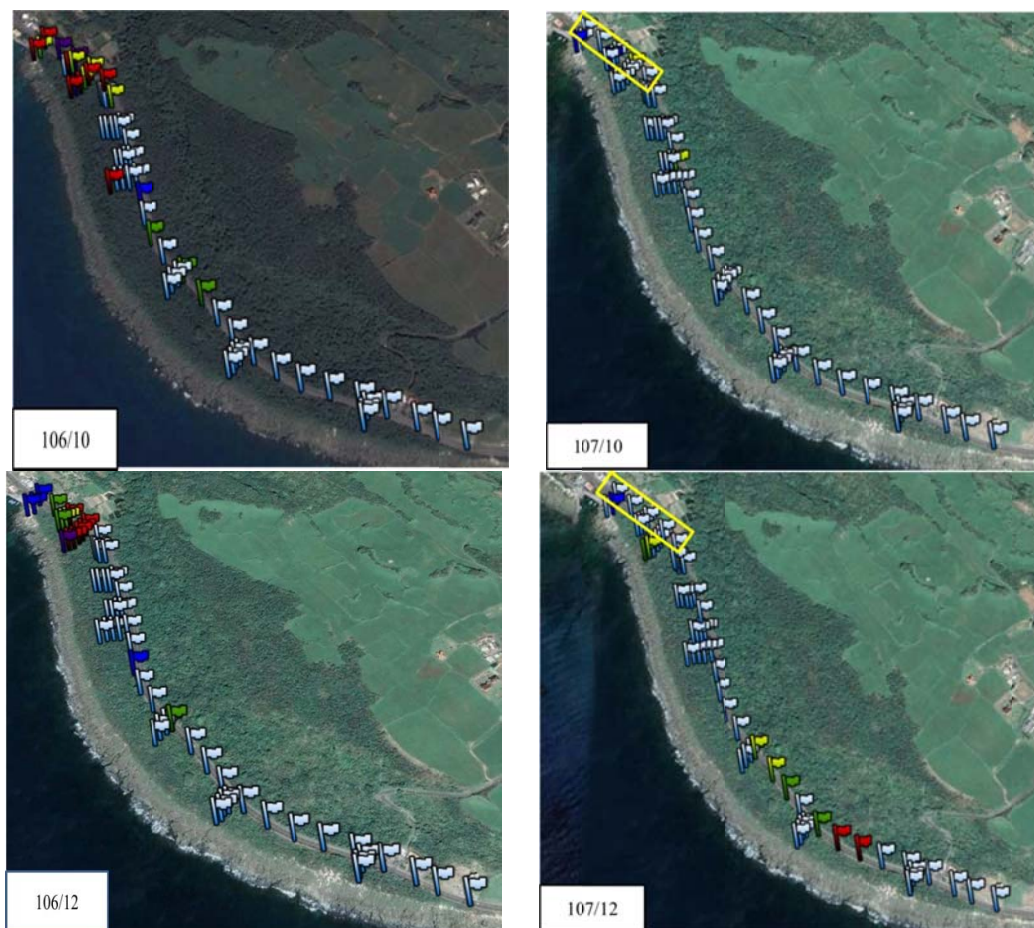
1 個樣點屬於五級嚴重危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及週邊海岸林。在防治範圍 4 個監測樣點中，無黃狂蟻的危害。

12 月的樣點中，有 9 個樣點發現黃狂蟻，其中 1 個樣點屬於一級輕度危害、3 個樣點屬於二級中度危害、3 個樣點屬三級中高度危害、2 個屬於四級高度危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區南邊的周車道上，在北邊海岸林有零星分布。在防治範圍 4 個監測樣點中，無黃狂蟻的危害。

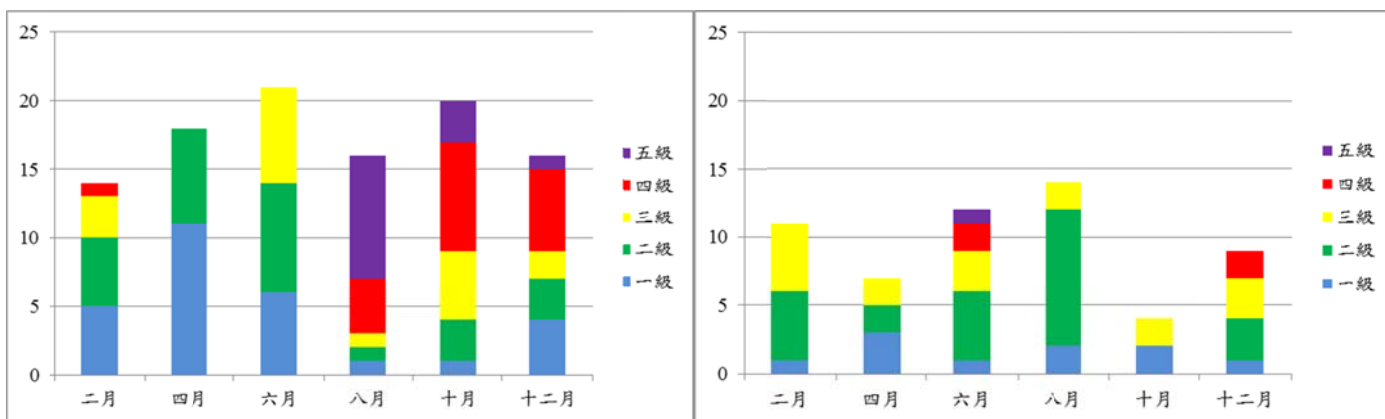
107 年度砂島樣區黃狂蟻分布危害程度自 6 月至 12 月均較 106 年度低，其中在 107 年 10 月的 4 個樣點(6.7%)有黃狂蟻，相對於 106 年 10 月的 20 個樣點(32.8%)有有明顯的差距，顯示黃狂蟻在 107 年度的危害已大幅下降(圖二十三)，但 107 年在樣區南邊已經有數個穩定存在的樣區，仍需要密切注意，107 年度防治區域內的黃狂蟻危害均較 106 年度低，107 年度以 6 月和 8 月較為密集，其他月份則有減緩趨勢。







圖二十二 106 年與 107 年 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)。(本次研究)



圖二十三 106 年(左)與 107 年(右)不同月份砂島樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。(本次研究)

#### 4. 兩個湧泉區樣區（人工蟻巢誘引盒防治樣區）黃狂蟻分布現況

2017年2月兩個湧泉區的120個樣點中，有29個樣點發現黃狂蟻（圖二十四），其中13個樣點屬於一級輕度危害、13個樣點屬於二級中度危害、3個樣點屬於三級中高度危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及湧泉區週邊農田，分布約600公尺。

4月的樣點中，有52個樣點發現黃狂蟻，其中8個樣點屬於一級輕度危害、15個樣點屬於二級中度危害、15個樣點屬於三級中高度危害、10個屬於四級高度危害、4個屬於五級嚴重危害，危害級數較2月有上升趨勢。黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及湧泉區週邊農田，中部車道也有分布，分布路長約1000公尺。

6月的樣點中，有22個樣點發現黃狂蟻，其中4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、2個屬於四級高度危害、4個屬於五級嚴重危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的湧泉區農田中，以及中部車道周邊。

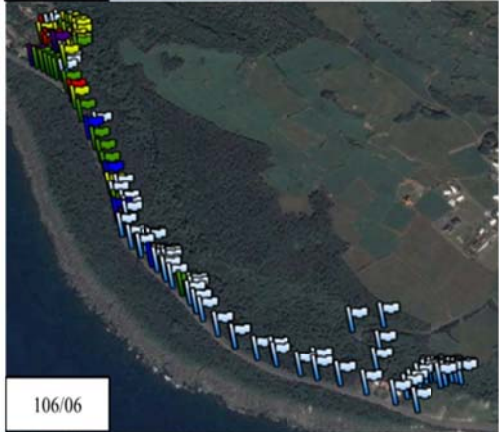
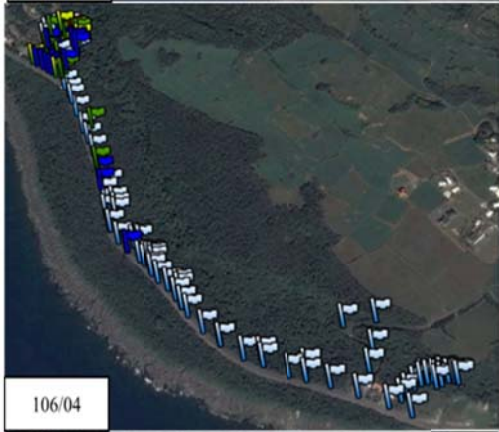
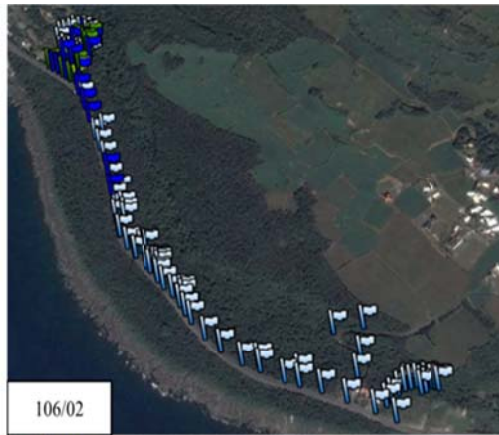
8月的樣點中，有20個樣點發現黃狂蟻，其中9個樣點屬於一級輕度危害、7個樣點屬於二級中度危害、5個樣點屬於三級中高度危害、5個屬於四級高度危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的湧泉區農田中，只有在樣區中部有1個樣點有二級危害。

10月的樣點中，有10個樣點發現黃狂蟻，其中4個樣點屬於一級輕度危害、3個樣點屬於二級中度危害、3個樣點屬於三級中高度危害，黃狂蟻出現地點全

位於樣區北邊的湧泉區農田中，中部與南部車道上均無發現到黃狂蟻。

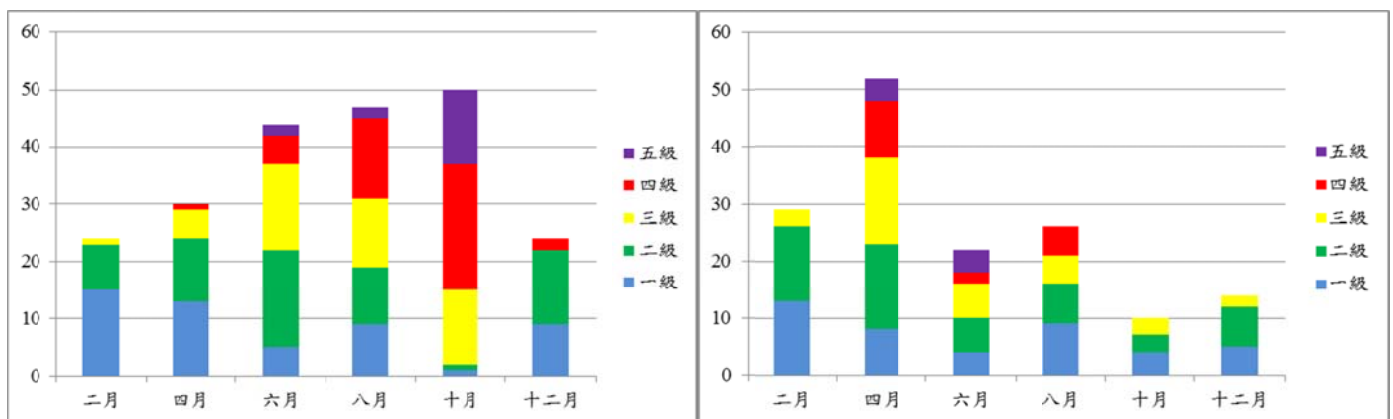
12 月的樣點中，有 14 個樣點發現黃狂蟻，其中 5 個樣點屬於一級輕度危害、7 個樣點屬於二級中度危害、2 個樣點屬於三級中高度危害，黃狂蟻出現地點全位於樣區北邊的湧泉區農田中，在樣區中部車道上有零星分布。

兩個湧泉區 107 年度在 2 月與 4 月的黃狂蟻分布較和危害程度較 106 年度 2 月與 4 月嚴重(圖二十五)，107 年 2 月黃狂蟻分布集中在湧泉區的農田內，且大部分為較輕微的一級和二級危害，在 4 月明顯往南延伸，且有許多的調查樣點達到嚴重的四級危害甚至五級危害。從 6 月至 12 月樣區車道周邊的黃狂蟻數量大幅下降，農田中的黃狂蟻危害也逐月下降，在 107 年 10 月份黃狂蟻調查樣點下降至 10 個樣點(8.3%)，與 106 年 10 月份的 50 個樣點 (41.7%)有明顯的差距。





圖二十四 106 年與 107 年 2、4、6、8、10、12 月兩個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)。  
(本次研究)



圖二十五 106 年(左)與 107 年(右)不同月份兩個湧泉區樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。(本次研究)

## 5. 港口樣區（餌劑與人工蟻巢誘引盒防治樣區）黃狂蟻分布現況

2017年2月港口的62個樣點中，有28個樣點發現黃狂蟻（圖二十六），其中7個樣點屬於一級輕度危害、17個樣點屬於二級中度危害、4個樣點屬於三級中高度危害，黃狂蟻出現地點多位於樣區東半部港口的車道周邊。在防治範圍18個監測樣點中，有1個樣點呈一級輕度危害、10個樣點呈二級中度危害、1個樣點呈三級中高度危害。

4月的樣點中，有33個樣點發現黃狂蟻，其中3個樣點屬於一級輕度危害、11個樣點屬於二級中度危害、10個樣點屬於三級中高度危害、8個屬於四級高度危害、4個屬於五級嚴重危害。在防治範圍18個監測樣點中，有2個一級、4二級、4個三級、5個呈四級、1個五級危害。

6月的樣點中，有17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、5個樣點屬於三級中高度危害、3個屬於四級高度危害。在防治範圍18個監測樣點中，有1個一級、3個二級、3個三級、2個四級危害。

8月的樣點中，有17個樣點發現黃狂蟻，其中2個樣點屬於一級輕度危害、8個樣點屬於二級中度危害、12個樣點屬於三級中高度危害、35個屬於四級高度危害、5個樣點呈五級嚴重危害。在防治範圍18個監測樣點中，有1個一級、3個二級、3個三級、2個四級危害。

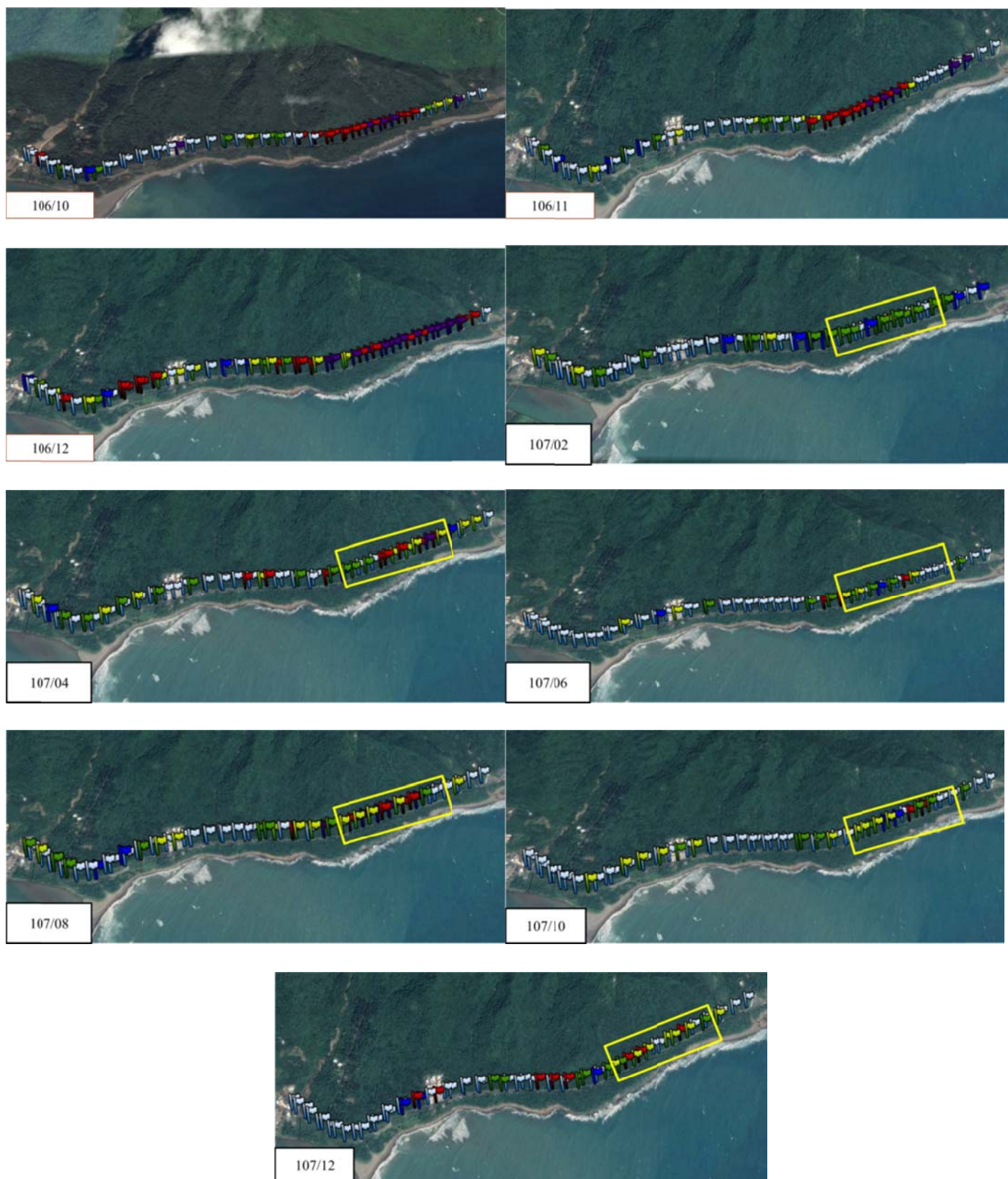
10月的樣點中，有22個樣點發現黃狂蟻，其中2個樣點屬於一級輕度危害、8個樣點屬於二級中度危害、10個樣點屬於三級中高度危害、2個屬於四級高度

危害。在防治範圍 18 個監測樣點中，有 2 個一級、3 個二級、4 個三級、2 個四級危害。

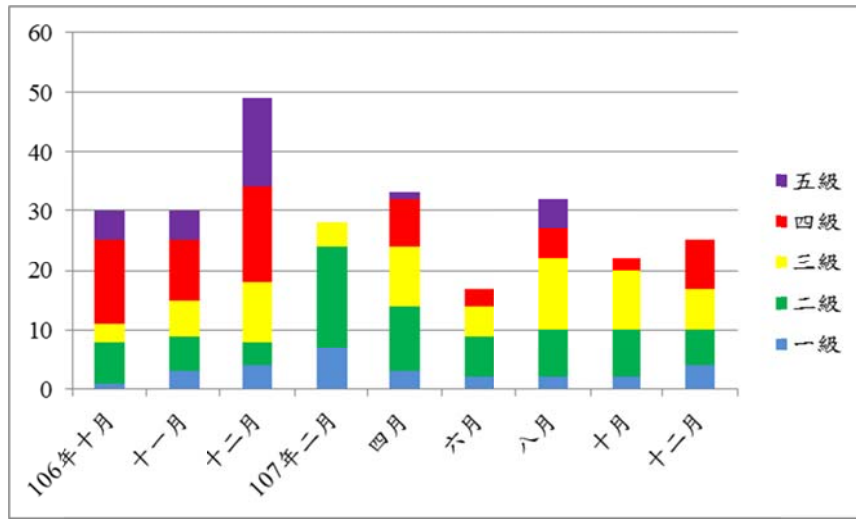
12 月的樣點中，有 25 個樣點發現黃狂蟻，其中 4 個樣點屬於一級輕度危害、6 個樣點屬於二級中度危害、7 個樣點屬於三級中高度危害、8 個屬於四級高度危害。在防治範圍 18 個監測樣點中，有 2 個一級、2 個二級、6 個三級、3 個四級危害。

107 年港口樣區的黃狂蟻的密集度和危害程度為六個樣區中最為嚴重。與 106 年 10 月至 12 月的數據比較，黃狂蟻分布在 107 年有下降趨勢(圖二十七)，且有許多樣點從五級嚴重危害降至三級中高度危害，其中以 106 年 12 月(79.03%)和 107 年 12 月(40.32%)的樣點百分比差距最為明顯。黃狂蟻出現地點多位於樣區東半部的車道周邊。在防治樣區內的黃狂蟻樣點數(18)從 2 月至 12 月分別是 12、16、9、14、11、13，除了 6 月有下降至 50%，其餘月份都在 60%以上。





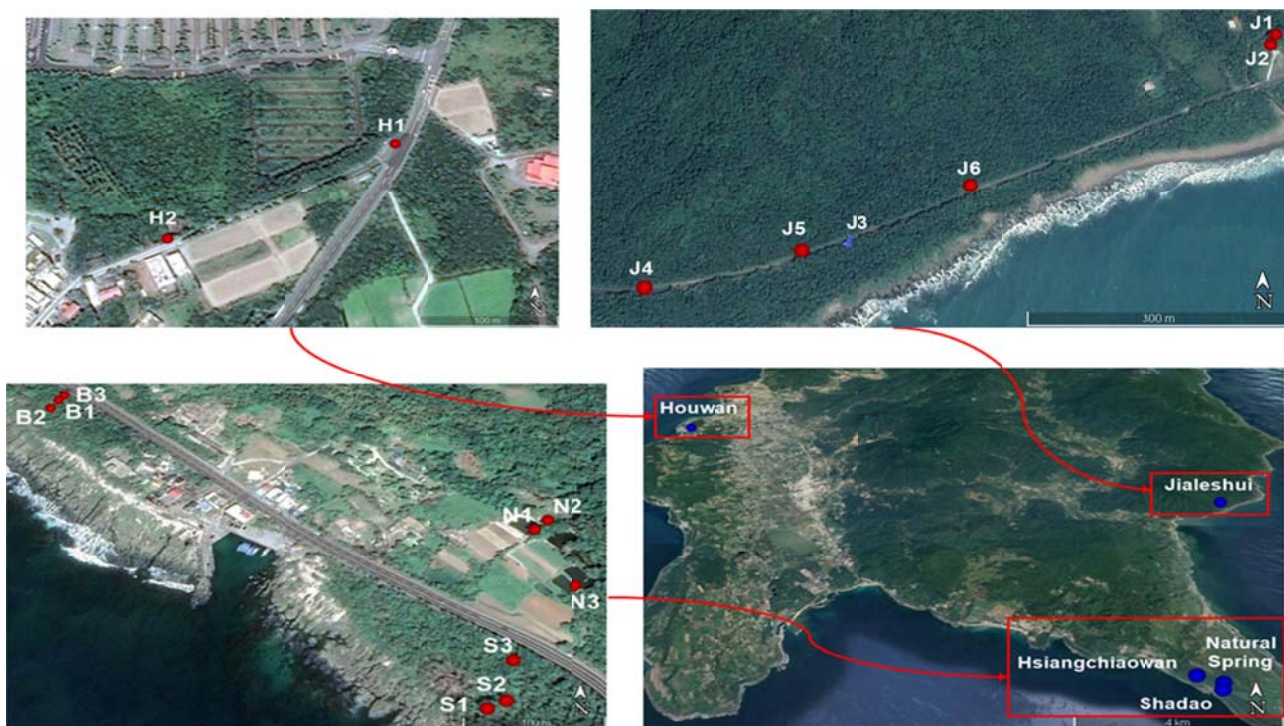
圖二十六 106年10、11、12月與107年2、4、6、8、10、12月港口樣區黃狂蟻分布狀況（白：無；藍：輕度；綠：中度；黃：中高度；紅：高度；紫：嚴重；方塊處為107年度防治區域）。（本次研究）



圖二十七 106 年 10 月至 107 年 12 月港口樣區黃狂蟻危害級數趨勢圖。  
(本次研究)

#### 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-J6) 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) (圖二十八)。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。



圖二十八 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-J6)  
(本次研究)

在實驗室裡，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的攻擊行為反應。來自同一樣區的蟻巢之間的行為試驗一共有 20 個組合，而至於來自不同樣區的蟻巢之間的實驗組合數量則取決於前者的實驗結果和採集到工蟻的數量是否足夠而定。攻擊行為試驗過程是將把一隻螞蟻個體放置在塗有 Floun 的圓形塑料容器 (直徑 5.80 cm) 裡，之後再放入一隻來自不同巢的螞蟻個體，並且在 10 分鐘後記錄期間以一對一的觀察，並記錄兩隻螞蟻之間最高量化攻擊行為分數等級。量化攻擊行為分數等級為：「0 分」忽略 (Ignore)、「1 分」觸角碰觸 (Antennation)、「2

分」迴避 (Avoidance)、「3 分」曲背 (Dorsal flexion) 防禦、「4 分」攻擊 (Aggression) 及「5 分」戰鬥 (Fight)。

目前在同一樣區的蟻巢之間試驗結果顯示於表二，在砂島和兩個湧泉區，不同蟻巢之間的行為得分並沒有顯著的差異 (砂島： $\chi^2 = 3.392$ ,  $df = 2$ ,  $P = 0.183$ ; 湧泉： $\chi^2 = 2.872$ ,  $df = 2$ ,  $P = 0.238$ )。在香蕉灣樣區，B2 vs B3 組合的行為得分顯著高於 B1 vs B2 組合 ( $\chi^2 = 13.325$ ,  $df = 2$ ,  $P < 0.01$ )。雖然如此，在這三個樣區中所有蟻巢組合之間並沒有明顯的攻擊性行為。至於在港口樣區裡，J1 vs J4-J6 與 J2 vs J4-J6 組合的行為得分各別顯著高於 J1 vs J2 組合 ( $\chi^2 = 25.443$ ,  $df = 2$ ,  $P < 0.001$ )，此結果顯示。以上結果初步證實，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，但在港口樣區裡，J3-J6 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 (675 - 700 公尺)，初步證實港口樣區裡有兩個超級群落形成的現象 (J1-J2 與 J3-J6)。

根據以上結果，不同樣區的蟻巢各別採用香蕉灣 (B3)、砂島 (S3)、湧泉(N1) 及港口 (J2 與 J4) 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。結果顯示 (表四)，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)，除了砂島 (S3) 與湧泉(N1) 的實驗組合 (行為得分 =  $0.8 \pm 0.1$ ) 以外。為了確定砂島和湧泉這兩個樣區的工蟻能夠和平共處，我們選擇了砂島 (S1) 與湧泉(N1) 蟻巢的工蟻，再次進行攻擊行為試驗。同樣的，再次證明這兩個樣區的蟻巢之間並沒有攻擊性行為 (行為得分 =  $0.2 \pm 0.1$ )。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，不同蟻巢的工蟻之間之行為得分皆少於 1。

表三 各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

樣區	區內不同試驗蟻巢組合	行為得分(Mean ± SE)
後灣	H1 vs H2	1.0 ± 0.0
香蕉灣	B1 vs B2	0.2 ± 0.1 a
	B1 vs B3	0.7 ± 0.2 ab
	B2 vs B3	1.9 ± 0.4 b
砂島	S1 vs S2	1.0 ± 0.2 a
	S1 vs S3	0.7 ± 0.2 a
	S2 vs S3	1.3 ± 0.3 a
兩個湧泉	N1 vs N2	0.2 ± 0.1 a
	N1 vs N3	0.6 ± 0.2 a
	N2 vs N3	0.6 ± 0.3 a
港口	J1 vs J2	0.3 ± 0.2 a
	J1 vs J4	<b>2.7 ± 0.2 b</b>
	J1 vs J5	<b>2.5 ± 0.3 b</b>
	J1 vs J6	<b>2.5 ± 0.2 b</b>
	J2 vs J4	<b>2.6 ± 0.2 b</b>
	J2 vs J5	<b>3.2 ± 0.2 b</b>
	J2 vs J6	<b>2.5 ± 0.2 b</b>
	J4 vs J5	0.2 ± 0.1 a
	J4 vs J6	0.2 ± 0.2 a
J5 vs J6	0.3 ± 0.2 a	

(P < 0.05, Kruskal-Wallis followed by Dunn's test)

表四 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

	香蕉灣 (B3)	砂島 (S3)	湧泉(N1)	港口(J2)	港口(J4)
香蕉灣 (B3)		2.9 ± 0.2	3.1 ± 0.1	3.9 ± 0.3	2.2 ± 0.3
砂島 (S3)			<b>0.8 ± 0.1</b>	3.3 ± 0.2	2.7 ± 0.2
湧泉 (N1)				2.9 ± 0.2	2.9 ± 0.2
港口 (J2)					2.6 ± 0.2
港口 (J4)					

## 第五章、結論與建議

### 結論

1. 本年度計畫期末報告前於後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區、港口等六個黃狂蟻監測調查樣區，已完成 6 次黃狂蟻監測調查 (2 月、4 月、6 月、8 月、10 及 12 月) 與 6 次黃狂蟻防治作業 (1 月、3 月、5 月、7 月、9 月及 11 月)。
2. 於後灣、砂島、兩個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。人工蟻巢誘引盒回收資料顯示，在設置的 60 個人工誘引盒地點中 4~11 月內共採獲 72 巢黃狂蟻蟻巢。後灣區未採集到蟻巢，湧泉區採集到 12 巢黃狂蟻的蟻巢，砂島區有 27 巢及港口區 33 巢；各月份除 6 月份外其他月份均超過 10 巢，其中又以 11 月份採獲 18 巢數量最多。這些誘集到黃狂蟻的蟻巢內各階級個體數分別為：蟻后數在 2~26 隻間，雄蟻 0~32 隻間，工蟻 1200~4500 隻間。
3. 107 年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，其次是香蕉灣及砂島，後灣的黃狂蟻數量仍最少。
4. 主要黃狂蟻防治處理 (餌站防治與人工蟻巢誘引盒) 的砂島、兩個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，以 10 月份的樣點數百分比變化發現砂島區自 32.8% 降至 6.7%，兩個湧泉區自 41.7% 降至 8.3%，港口樣區自 48.8% 降至 35.5%。
5. 但非主要防治區香蕉灣與後灣黃狂蟻的分布與密度有稍微升高的現象。香蕉

灣樣區的黃狂蟻調查樣點數 106 年和 107 年在 2 月與 4 月黃狂蟻分布沒有明顯變化，均在 20%以下，但於 6 月則升高至 24.6%，有明顯上升趨勢；後灣樣區則是黃狂蟻分布最少的調查樣區，但 107 年的樣點數從 106 的 1 點增加至 2 點，是需要注意狀況，因為後灣地區黃狂蟻分布較極限危害程度較少，本年度仍以偵測作業為主未進行防治作業，但若黃狂蟻的分布與危害有升高趨勢，將會評估開始進行餌劑防治作業。

6. 黃狂蟻在各樣區均隨著月份溫的升高逐漸增加於各調查樣區中的分布，尤其以兩個湧泉區和港口最為明顯。後續仍需持續黃狂蟻的分布與密度調查，並加強評估以主要餌站防治與蟻巢誘引盒防治為輔黃狂蟻防治策略的成效。
7. 在以香蕉灣、砂島、兩個湧泉及港口個樣區蟻巢間個體攻擊行為試驗的結果顯示，在同一樣區的蟻巢之間攻擊行為反應及果顯示後灣、香蕉灣與砂島三個試驗樣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均屬於共同蟻群，而形成區域性的超級群落。而在港口樣區中則明顯形成兩個超級群落形成的現象 (J1-J2 與 J3-J6)。
8. 而在不同樣區的蟻巢之間的攻擊行為反應及果顯示除了砂島與兩個湧泉的實驗組合以外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)，香蕉灣與港口各別擁有屬於樣區的超級群落。而砂島與兩個湧泉樣區的蟻巢則應是屬於來自同一個超級群落。
9. 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，在砂島與兩個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。

10. 本年度主要黃狂蟻防治處理（餌站防治與人工蟻巢誘引盒）的兩個湧泉和港口區黃狂蟻的分布與密度都與去年明顯降低的趨勢，相較於僅使用餌站防治未使用蟻巢誘引盒的香蕉灣地區，則黃狂蟻的分佈有較去年 10 月份分布有較去年增加 (21.3% → 32.8%)，但密度上較嚴重的四級與五級則有降低 (6 點 → 5 點)，中度密的三級則增加 (6 點 → 8 點)。106 年度香蕉灣黃狂蟻的危害主要集中在樣區東南部，在樣區中部的周邊車道有零星危害。在 107 年度黃狂蟻危害密度在香蕉灣樣區南部有減少，但有向北擴張之趨勢，107 年 4 月和 10 月在樣區西北靠近船帆石附近出現黃狂蟻二級危害，顯示黃狂蟻危害有擴張到香蕉灣樣區周邊車道的現象。而僅使用蟻巢誘引盒防治的湧泉區，雖未使用餌站防治，但因為兩個湧泉區與砂島地區範圍內的黃狂蟻蟻巢應屬於同一超級群落，因此於砂島地區施用餌站的防治效果也可以拓及到湧泉區。此結果顯示，黃狂蟻防治處理以餌站防治配合蟻巢誘引盒，使用可以達到較佳的防治效果。
11. 於今年八月份至十月份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，的確在陸蟹降海釋幼的路徑上黃狂蟻的數量有明顯減少。在由護蟹義工的調查結果中發現，因並沒有被黃狂蟻攻擊陸蟹的現象而記錄「蟻殺」的資料，顯示墾丁地區黃狂蟻的族群密度有明顯下降。

## 建議一

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

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. 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，尤其是兩個湧泉區與砂島區及港口地區是目前黃狂蟻的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。雖目前因在部分區去持續每兩個月份的防治作業（餌站防治與蟻巢誘引盒），且在防治區域中逐漸呈現防治成效，但仍需持續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，也建議訓練當地義工來協助黃狂蟻防治工作。

## 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

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. 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 4 種螞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。



# 附錄一

## 107 年度墾丁國家公園入侵黃狂蟻監測與防治計畫

### 期末報告審查會議紀錄

開會日期：中華民國 107 年 11 月 27 日下午 14 時

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

記錄：郭筱清

主席致辭：感謝外聘委員前來協助審查工作。請廠商依外聘委員個別詢問答覆，處內委員及同仁詢問採總答。

服務廠商簡報：(詳如：期末報告)

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
程建中委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以 Pest Management 之 Damage Level (為害水平) 和 Economic Injury Threshold(經濟損害閾值)觀念，黃狂蟻對陸蟹產卵季及幼蟹遷移的危害密度與分級的關係。建請在後續工作內容予以詳細論述。</li> <li>2. 移除、防治蟻巢後，其空缺的生態 Niche 填補效應，是否在預防入侵種和螞蟻族群再生會有加成效應？</li> <li>3. Supercolony 防治、移除操作的程序及頻度，是否有特別方式？</li> <li>4. 港口族群在 107 年持續維持高標準是否代表其可能有外來移入的源頭？</li> <li>5. 由 P23 表一，可判讀未來擬選設陸蟹保護區之天敵較少地區為後灣。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 的確需要看危害水平來瞭解如何管理，今年後半段的資料已逐步完成，12 月還有一次調查，之後可評估一整年，瞭解其分布分散或集中，每個樣點螞蟻密度是否高？今年看起來效果好的是在八月、九月、十月護蟹那段，螞蟻數量明顯下降，但香蕉灣則沒有下降，但攻擊力弱，且密度跟分類在三以下，不是四、五的狀況，未來可呈現的資料為當其密度或分布到達某程度時，會對陸蟹造成威脅。目前防治作業評估是不太可能將黃狂蟻全部滅掉，但期望可恢復維持到早期環境下的狀況。在仍會持續監測黃狂蟻族群分布與木度下去，以更完整資料呈現。</li> <li>2. 將黃狂蟻族群移除後黃狂蟻族群仍有機會再過來，尤其在黃狂蟻族群密度較高的地方如港口、湧泉，尤其湧泉蟻巢相對密度高。港口縱身長度較長，居民住處也有，湧泉也呈長型，但蟻巢主要集中在北端，在湧泉採到的蟻巢會再被採到，因為處於核心點，但有些黃狂蟻的蟻巢也會被其他螞蟻侵占，如擬大頭家蟻、大頭家蟻。所以只要黃狂蟻走</li> </ol>

		<p>了，其他螞蟻會進來，只是速度上問題。如果一直採到黃狂蟻，表示這個地方族群密度還是高的。目前防治策略是若餌站是他種螞蟻就不會再放置毒餌，毒餌只會放在之前偵測有黃狂蟻的地方，單數月防治，雙數月進行監測。八月之後很多餌站都被其他螞蟻佔據，尤其是地面餌站，樹上的環境變動較大，樹上環境使他種螞蟻上去較難，所以黃狂蟻會較有優勢。</p> <p>3. 港口多在行道樹上，行道樹提供了多項資源。港口去年 10 月開始調查，今年開始進行防治，香蕉灣砂島則是去年八月即開始防治，港口大概晚其他地方半年開始防治。期待明年六月後港口的數量能下降，先滅樹上的族群之後再滅地面的族群，希望用切割方式阻斷原本連接成串的黃狂蟻超級群落。</p> <p>4. 港口分成兩區塊，是不同超級群落，其中一個跟後灣有關係，人為活動有可能會再持續帶入個體或蟻巢。港口目前黃狂蟻族群密度屬中高，但相較去年有下降趨勢，可針對高密度的點加強防治，不需要整條線放餌因為會影響其他螞蟻，主要針對黃狂蟻嚴重的地方，使其餌能傳播出去。</p>
<p>馬協群委員</p>	<p>1. 與其他原生種螞蟻種類的關係？</p> <p>2. 如何打斷超級群落進展成單獨群落？使用味道？</p>	<p>1. 兩者在環境上主要競爭食物和棲地，外來種搶食物能力強，主要是適應環境且速度快，設站時發現黃狂蟻約 5-10 分鐘就過來，其他螞蟻大概要 20-30 分鐘。過去曾發現黃狂蟻 10 隻可打過 80 隻大頭家蟻，接著餌站就被黃狂蟻佔據，搶其他螞蟻食物，其他螞蟻資源減少，族群下降。10 月調查砂島及湧泉時發現餌站多為原生螞蟻佔據，至少地面部分已改善，樹上則需要再努力。</p> <p>2. 黃狂蟻為孤雌產雌生殖的螞蟻種類，</p>

		所有蟻后都是來自同一母親。為其生存，每個蟻巢有自己味道。黃狂蟻有越冬巢，實驗降溫到 5 度，後恢復為 15 度到 20 度，並增加蟻酸改變其味道，另一個不變，則兩者會打架，這是實驗室實驗結果。味道可從食物去調整，也許增加不同胺基酸，這個可嘗試，在春天處理或暖冬，以打破黃狂蟻形成超級群落的趨勢。
陳松茂委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. P48 中間有錯字。</li> <li>2. 砂島及湧泉十月份黃狂蟻數量下降，顯示誘引盒及毒餌有其效益，那下降後的級數又屬於第幾級？用藥上的經濟效益之投注應該落在哪個點？</li> <li>3. 黃狂蟻主要威脅到陸蟹，陸蟹降海季主要在每年 8-10 月，一般動植物防治也是，如安全採收期，本案也是需要往前推防治，才能使黃狂蟻棲群密度降到合理，不會危害到陸蟹，那麼施藥及控制點要在哪個月份較為合適？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員，會將內容錯別字修正。</li> <li>2. 防治時間差一定要處理，八月陸蟹活動時，大概五、六月就要處理，不然無法壓制族群量。恆春無明顯冬季，大約上半年一月至三月就要開始進行防治，下半年才有比較好的狀況。</li> <li>3. 目前防治點都有些明顯的防治成效，不希望再增加點的防治，避免對其他物種造成傷害。目前已累積兩年資料，接著就是將指數評估出來，會再將分布點及密度整合。</li> </ol>
李登志委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 黃狂蟻打架是群架還是個別？</li> <li>2. 誘引盒放多久才收？可重複使用嗎？</li> <li>3. 誘引盒採集回來是否有卵？</li> <li>4. 聖誕島引進寄生蜂抑制？</li> <li>5. 餌站臺 50cc 能毒死幾隻？</li> <li>6. 屏東農田裡出現的會叮人的紅螞蟻是哪種？誘引盒有無效果？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會先打個別架然後群架，會噴蟻酸然後滅巢。</li> <li>2. 放置 1 個月後回收，目前看來至少放置 1 個半月有較好成果。只要不嚴重損壞，是可重複使用。</li> <li>3. 回收後有黃狂蟻個體及卵，提供給動物園作為穿山甲食物。</li> <li>4. 黃狂蟻會吃食介殼蟲的蜜露，所以聖誕島是引入介殼蟲的寄生蜂，來抑制介殼蟲的族群密度，使黃狂蟻的食物減少間接降低其密度。</li> <li>5. 實驗室實驗發現 1 隻 1 小時黃狂蟻可以將餌劑傳 200 隻工蟻。</li> <li>6. 南部農田發現會叮人的螞蟻以多樣擬大頭家蟻與熱帶火蟻為主，常出現再沙丘、乾燥土堆，體色呈橘紅色會叮人多是熱帶火蟻，後者進入台灣約三四百年。誘引盒對熱帶火蟻較無效，團隊有研發另一種誘引盒對入侵紅火蟻有效果，內部結構蜂巢狀。</li> </ol>
劉培東處長	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 黃狂蟻怎麼來的？</li> <li>2. 老師目前使用百分比來作呈</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 屬於外來種，環境引來的，台灣原本沒有，原產地在非洲，大航海時代貿</li> </ol>

	<p>現，是否可用加權加總，最後得到預值，呈現多少分數則需要進行防治。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. 請老師幫忙訓練志工，將經驗傳承，讓防治工作能持續進行。</li> <li>4. 是否還有其他外來種螞蟻存在？</li> <li>5. 誘引盒是否只要黃狂蟻會進入？</li> <li>6. 台灣其他地方黃狂蟻狀況及處置方式？請老師在報告中補充。</li> <li>7. 數量上到達哪個臨界值需要進行防治？時間點到達哪裡要開始防治？</li> <li>8. 誘引盒和餌站臺是否會留在管處，未來給志工繼續使用？</li> <li>9. 為什麼是 2% 比 3% 好呢？</li> <li>10. 本報告書為期末報告應在封面加註。</li> </ol>	<p>易興盛，隨之進入。熱帶火蟻進來三百年多，原產地是中南美洲，在西班牙荷蘭時代隨著植栽進入。目前看來只要人的設施增加，黃狂蟻密度隨之增加。港口則多在行道樹上，行道樹提供了多項資源。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 港口去年 10 月開始調查，今年開始進行防治，香蕉灣砂島則是去年八月即開始防治，港口大概晚其他地方半年開始防治。</li> <li>3. 會再考量評估。</li> <li>4. 3000 隻黃狂蟻工蟻約 1g，屬於較輕的螞蟻。長手長腳看起來大隻，但其實水份不多。今年已有志工加入，會再將防治及監測工作教導志工。</li> <li>5. 是有其他外來種螞蟻存在，比較嚴重是熱帶火蟻，熱帶火蟻防治與黃狂蟻防治不同，熱帶火蟻在台灣已經一段時間，其數量不會爆發式發生，屬於區域性，之前的資料有紀錄，可針對區域撒餌劑。有兩種入侵火蟻，熱帶火蟻進來較久，與環境穩定度較高，另一種是紅火蟻。</li> <li>6. 誘蟻盒會有其他螞蟻巢，除了黃狂蟻外還有其他，共誘到六種螞蟻，其他是台灣原生種螞蟻，也有誘到蟻后。</li> <li>7. 高美濕地也有黃狂蟻，因為河堤改建植栽進入，那邊陸蟹路殺比蟻殺嚴重，有進行防治。</li> <li>8. 花蓮七星潭也有類似情形，因環境在人為改變提供了外來種資源並將引入環境內，也比照墾丁模式進行防治。</li> <li>9. 明年除進行防治也希望能教導志工及當地居民，計畫內購置的餌站臺原則上都是留在管處。</li> <li>10. 黃狂蟻防治並非僅殺死單獨個體，濃度高毒性強，但主要利用傳餌，毒性不能過高直接殺死，而是在個體死亡前傳播越多越好，故調整餌劑濃度就</li> </ol>
--	--	--



	是關鍵，實驗室有餵餌的影片可瞭解餵餌順序、數量等。
--	---------------------------

會議結論：1.期末報告審查通過備查，請團隊依委員意見修正報告。

2.請保育課安排志工訓練。

3.期末報告書須加註，避免和最後定案報告書混淆。

散會時間：107年11月27日下午15時30分

## 附錄二

### 期中報告審查會議紀錄 (107年8月2日下午13時30分)

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"> <li>1. Supercolony 的評估除了受誘引工蟻的數量以及攻擊行為之外是否還有其他的指標？</li> <li>2. 空間分布為何？如何決定防治誘餌的陷阱放置地點？</li> <li>3. 是否有可能發展出標準化的誘餌調配與防治操作流程？</li> <li>4. 如何評估 colony 之間的連結？網絡與移動性？</li> <li>5. bait 的距離是如何決定的？</li> <li>6. 建議將前年度及過去會議的紀錄放在附錄，常被詢問的題目也放入(QA)。</li> <li>7. 陸蟹與黃狂蟻防治效果之間關係需量化，陸蟹受黃狂蟻干擾的量化在啟動防治工作後是否降低。另外陸蟹資源調查如果在八月份，三月份的防治是否已經產生效應或期間又數量恢復。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 全世界研究有害螞蟻超級群落有阿根廷蟻、小火蟻、黃狂蟻，目前黃狂蟻的方法是使用澳洲方法，先以卡紙上數量為目標，大於 37 隻就有形成超級群落的風險，之後再作行為試驗，看是否這些點連結，目前想瞭解超級群落有多大，要能劃出區塊，但密度會變動，屬動態性，佈點受限人力需求，無法佈點區域達八成，且目前黃狂蟻分布仍主要在人為環境中，故目前採線性資料調查。</li> <li>2. 每個餌站間約距離 15-20 公尺以上，記錄餌台螞蟻數量，兩個月調查一次，瞭解族群是否向外擴展或集中，去年六月是向外擴展延伸且數量變多，今年嘗試要畫出超級群落範圍，用密度的方式，因涵蓋時間軸及密度軸，會再思考如何呈現。砂島、湧泉及香蕉灣較近，目前認為不是從馬路擴張過來，可能是順著管線或排水溝過來，湧泉區因為是私人地，在防治及偵測上有難度，其密度相對也較高。</li> <li>3. 目前團隊採取的策略為集中處理，使黃狂蟻族群不要串聯，然後從中截</li> </ol>

		<p>斷，使黃狂蟻分布不達到全區調查樣點的三分之二，然後使用誘餌巢集中處理較有效。</p> <p>4. 目前已有偵測的 SOP 建立，餌劑防治成效會逐漸了解，目前是以密度調查資料來反應出防治成效，也藉以建立防治策略要放多久與多久回收的模式，及需要多久需要再重新再進行防治的機制。</p> <p>5. 餌劑的設置沿著密度調查的基準線設置，以黃狂蟻密度數量最多且考量不干擾其他區域優先設置，故設置在路邊的樹上及地上，間隔約 15-20 公尺左右，設置 60 個。目前只要數量高達 50 隻以上就會實施餌劑防治，個體會將糖水帶回蟻巢餵食其他個體。誘蟻巢防治的目的是為了快速移除蟻后，設計在高密度的地方置放誘蟻巢，回收率可達百分之三十以上，放 60 個誘蟻巢至少能可收到 20 個，只要有超級群落的地方就可回收到蟻巢，裡面至少有 20 隻蟻后及幼蟲，移除就能降低整個族群量。</p> <p>6. 去年開始與劉老師有合作交流，並且管處陸蟹資源調查的資料，發現有蟻殺情形，其他地區也有發現，就是陸蟹活的個體被黃狂蟻包圍攻擊。防治目的還是希望在陸蟹繁殖季前能將黃狂蟻數量抑制，兩者關聯還是需要有更多連結。</p>
<p>程建中委員</p>	<p>6. 建議在報告書附錄部分，必須附上本案的審查意見及回覆說明。</p> <p>7. 本報告書中談及分布與監測調查 6 個樣區，言詞敘述於 p.IV，p.1，p.3，p.13，p.19，p.26 皆不完全相同。建議予以統一，建議 p.19，圖 6 詳細說明。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 樣區開始設置到目前有些調整，會再修正統一敘述。</p> <p>3. 硼砂硼酸毒性不同，會再補充化學式。</p> <p>4. 之前做過卡紙方法，澳洲在黃狂蟻最多的時間，同時安排 60-70 人進行，但對本團隊執行有困難，去年做的兩個方法的校正，兩方法的確一個逢機</p>

	<p>8. 黃狂蟻的防治：</p> <p>A. p.15 硼砂是化合物俗名，建議用學名四硼酸鈉，附分子式 <math>\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}</math>。</p> <p>B. p.15 的硼砂處理組防治試驗是否有適當的對照組及試驗設計，數據分析？</p> <p>9. 國外研究以卡片計數法(調查樣線)估測入侵面積及密度。本研究以液態餌站誘集黃狂蟻，其差異分析及估測代表面積及密度應予討論。</p> <p>10. 攻擊行為試驗各調查區之採樣位置圖。p.37 圖 22，各採樣位置距離似隨意定址，如何標準化及劃定 supercolony 區塊範圍。</p> <p>11. 在田野進行防治試驗，其處理組與對照組數據分析上，必須考慮環境因子的影響。在本研究中，如何予以定量校正？</p> <p>12. 防治最佳時機評估，如何操作？越冬期間？</p>	<p>一個有誘引效果，黃狂蟻會在外面佈許多覓食工蟻，碰到餌的量隨機過程也會對應蟻巢照應覓食工蟻量。現地調查考量團隊能量、前後比較、季節問題及調查頻率及樣區數量，故以餌站搭配調查方法，兩方法轉換的值會再詳細說明，如澳洲 37 隻代表超級群落對應我們則是在 20 分鐘內誘集 50 隻，這是我們在方法上因應現地做校正。</p> <p>5. 試驗組與對照組應做配對檢定，當時的資料(含環境資料)都有收集累積，會再清楚呈現分析結果。</p> <p>6. supercolony 全世界這方面研究做的不多，目前主要跟隨澳洲那邊的研究，攻擊行為試驗的點並不好設，會先找落葉堆或土堆內有幼蟲蟻后，兩個蟻巢距離 20 公尺以上，J1 和 J2 距離 20 公尺以上，後來已再補做 J4、J5、J6，會考量距離。目前的作法是採截斷，過程中抑制聚集，經過這一兩年的資料發現有越冬巢存在，冬天聚集春天會外擴，希望能以防治策略抑制黃狂蟻族密度並避免超級群落生成，將墾丁地區黃狂蟻族群復原到二、三十年前的墾丁無超級群落的狀況，目前還看不出環境中是否有蜜露或糖水使其形成超級群落，澳洲自 2012 年後就不再撒餌劑，改用生物防治。台灣環境的介殼蟲尚未有人研究，是否是介殼蟲族群增加而造成黃狂蟻超級群落生成的證據也未證實，聖誕島黃狂蟻非常嚴重幾乎已占百分之三四十，超級群落也比台灣大很多，在整個島上分布 4-5 個大巢。</p> <p>7. 誘蟻巢於冬天設置最好，冬天會聚集，放置在密度高處，誘蟻巢相對環境中其他地方更適合他們築巢，冬天餌站防治因為風及溫度的因素則會</p>
--	--	--

		<p>出現程老師所說的狀況 (覓食工蟻出來覓食少), 黃狂蟻很特別的是大腹肚工蟻行儲藏階級來儲存能量越冬, 從春天到夏天, 故餌站從春天開始到夏天做防治最為有效, 覓食工蟻吸收糖水回巢後不是餵蟻后幼蟲或其他工蟻, 而是餵特定的儲藏階級大腹肚工蟻, 故摧毀儲藏能量者則可以達到防治。目前已累積一年半資料, 結案時能呈現完整資料, 蟻巢經過改良, 已有較好效果。</p>
陳松茂委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. 目前香蕉灣砂島湧泉防治處理的藥劑適用頻度為何?</li> <li>4. 若是大面積施藥考量人力限制, 是否可能使用農機具動力噴混霧施藥。</li> <li>5. 農藥分誘引劑及忌避劑, 誘引忌後續效果是否會造成農損或增加陸蟹損害?</li> <li>6. 國家公園禁止施藥, 目前因管理需要而試驗本計畫, 老師所提生物防治申請引入寄生蜂, 在園區內是否改變昆蟲相?</li> <li>7. 使用芬普尼或硼酸或誘引劑等藥, 其昆蟲產生抗藥性後, 效果降低, 是否考量規劃交互用藥模式?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. 餌站不是所有都要放置硼酸, 約百分之三十, 以黃狂蟻密度高的地方為主。因考量有些田地為有機田故以餌站台方式, 藥不落地。餌站台誘引過來後形成聚集, 目前觀察結果發現防治半年內餌站台附近會有聚集增加密度, 其他地方則消失, 主要可降低分布範圍。</li> <li>4. 澳洲 2009 年起使用粒劑, 在某些區塊用直升機撒芬普尼粒劑有些則是人工撒餌, 團隊曾用空載機防治火蟻, 部分區域用低空 10 公尺撒劑, 若未來餌劑防治無法達到效果或危害面積無法降低則可考慮, 動力噴霧劑(10 公尺內)也可以評估。</li> <li>5. 硼酸藥劑有些為農藥有些為環藥, 目前台灣核可的螞蟻用藥都是火蟻藥劑, 但要再評估效果, 因為兩種螞蟻吃的食物不同, 澳洲使用的藥劑還是可以請廠商進貨評估。</li> <li>6. 目前並無處理費洛蒙, 以巢內增加蟻后雄蟻幼蟲味道可來增加採捕率。</li> <li>7. 澳洲屬於島嶼環境較為單純, 墾丁則為半島, 澳洲在評估使用當地原生種寄生蜂或引進外來種寄生蜂就花了 4-5 年, 澳洲的寄生蜂對介殼蟲也不是專一性的, 對於當地生態的影響是需要評估, 引進寄生蜂來做生物防治, 農委會都有規範。</li> <li>8. 對於螞蟻的藥劑比較不擔心抗藥性, 而是考慮餌劑中的糖偏好, 毒性則是相對低, 標的對象不是 worker 而是其他或幼蟲, 故設計餌劑時考慮他是否喜歡吃</li> </ol>

		<p>食，雜食性螞蟻除了喜甜外還有蛋白質，目前進行一年多試驗，若效果降低則需要改配方。</p>
<p>徐茂敬課長</p>	<p>4. 報告書中文字及表格提及後灣有後灣，後灣海岸林，後灣遊憩區海岸林，港口則是有的寫佳樂水，建議統一。 5. 今年執行計畫時是否遭到阻擾或設置試驗裝置被破壞？</p>	<p>4. 名詞會在統一。 5. 設置裝置時會對地主農地有所干擾，湧泉區目前已取得溝通，試驗裝置有遇到除草工作被除掉及樹上餌台的掛鉤帶這個月有一批遭移除不見。</p>
<p>林欽旭委員</p>	<p>1. 報告書P11提到本園區黃狂蟻形成超級群落的原因，是否與聖誕島的案例相似，仍須進一步釐清，期待有答案。 2. 液態餌站可能會有黃狂蟻以外之其他蟻種來取食，是否也會一併予以紀錄這些蟻種？ 3. 液態溶液是否在不同季節因所在的溫度不同，而有不同程度的揮發，這種狀況對實驗結果是否會有影響？ 4. 六個熱點內的調查樣點不一，為何設不同數量的樣點？60-62個樣點數是否適宜？ 5. 液態餌劑放置24小時就回收，又在設置30分鐘左右誘引的數量為監測標準。那麼，是否會呈現每30分鐘一次監測的成果表？ 6. P26表一中港口的106/2、4、6三個月份為何空白？P34 106年及107年港口分布數據宜列表比較。 7. 報告撰寫上，建議如下： A. 摘要：香蕉灣不設置人工蟻巢之原因(對照組)宜敘明(同P23)。 B. P18：平均值2分以下屬於不同蟻群，應改正為同一蟻群。 C. 文字敘述上，宜有適當的</p>	<p>1. 106年港口地區從10月開始調查，會在報告中增加說明。 2. 偵測時間是看數量後就收回，防治則是放置24小時讓黃狂蟻取食，冬天是白天出來覓食，夏天是晚上出來覓食，並無特別時間性，只要天氣好溫度降低適合活動就出來覓食，放置過夜防治效果好，有些樣站正曬會造成餌出問題，設置餌站時會避開東曬西曬，墾丁東曬較多，會避開以避免溫度高。 3. 其他蟻種也會取食，去年和今年都有記錄資料，今年以防治為主，故偵測時的資料有記錄但沒呈現，只要有其他蟻種出現的位置就不會放毒劑，這是為了保護原生螞蟻，他們可以趕走黃狂蟻。 4. 台灣是目前除聖誕島外，有黃狂蟻形成超級群落且對陸蟹有危害的地方，已經和國外學者聯繫討論。 5. 其他部分會在修正補充。</p>

	<p>段落(ex:P22 第 1 行、P23 第 3、4 行、P25 第 5、10 行、P26 第 2、3 行、P26 倒數第 2 行、P37 倒數第 5~8 行)</p> <p>D. P39 第 1 行有錯字。P28 倒數第 1 行有錯字。P25 第 2 行及倒數第 2 行有贅字或文句顛倒。P24 倒數第 5 行有錯字。</p>	
<p>劉培東處長</p>	<p>11. 超級群落代表螞蟻數量會很多？超級群落只有一個巢嗎？墾丁已出現超級群落？</p> <p>12. 去年後期開始投餌劑，至今防治效果如何？</p> <p>13. 明年陸蟹計畫和黃狂蟻計畫資料應連結比對整合，將防治結果與陸蟹資源相應證，請加入計畫工作事項。</p> <p>14. 目前的防治主要在海岸林外側馬路，但棲息在較內陸海岸林的陸蟹是否無法被保護到。</p> <p>15. 已經移除多少蟻巢，是否有成效？</p>	<p>11. 是的，許多個巢彼此連結，螞蟻數量會不受限制。墾丁已經出現超級群落初期現象，目前傾向先截斷彼此聯繫。</p> <p>12. 目前在區塊中已見抑制效果，護蟹志工友表示黃狂蟻數量有降低。</p> <p>13. 去年有和陸蟹調查學者劉老師討論，其反映陸蟹數量降低，目前我們有拍到影片，但是否黃狂蟻有實際影響到族群數量則需要陸蟹專家協助。</p> <p>14. 黃狂蟻危害主要還是跟人為棲地破壞有密切關係，調查結果發現黃狂蟻其實無法進入原始海岸林較深處與聖誕島不太一樣，聖誕島屬於島嶼型的干擾當然還有人為干擾，但墾丁海岸林則是相對穩定，黃狂蟻並無進到原始林，主要還是沿著人為設施，但抱卵母蟹遷移經過時還是會遭受干擾，幼蟲回溯也會被攻擊，故可能造成數量遽降，劉老師的資料呈現每隔 2-3 年數量是百分之一下降，故我認為盡量減少被攔截的點即可看到成效。</p> <p>15. 約莫移除 40-50 個蟻巢，移除蟻巢是有效的。</p>

會議結論：期中報告審查通過備查，請團隊依委員意見修正報告及後續執行。

散會時間：107 年 8 月 2 日下午 15 時 30 分

### 附錄三

#### 服務建議書評審會議紀錄(107年1月15日下午10時30分)

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
程建中委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依 Pest Management 有害生物管理學評估有害生物的關鍵為害水準(Critical Injury Level),訂定有害生物的為害達成密度,以進行適時適地的防治措施及頻度。請問本研究是否有此項目的施作?</li> <li>2. 在本園區內的熱點取樣之評估位置及取樣數量,如何在 SOP 中確實建立?</li> <li>3. 建議在研究室內進行生命表之關鍵因子分析(Key factor analysis),確認族群控制措施及限制條件。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 密度 level 根據國外資料分五級,1-2 級較不影響陸蟹族群狀況,3 級以上則會影響。</li> <li>2. 國外採卡片法,1 分鐘 37 隻,平均起來是會威脅到陸蟹密度,因國外 1 年僅做 2-3 次,而我們是每個月做且以餌台方式調查,故其資料經過轉換。樣區內會有黃狂蟻族群熱點但不是所有都是,像香蕉灣砂島湧泉約 20%有黃狂蟻,高密度則 10%。目前比較擔心的是港口,其幾乎整條線都有黃狂蟻。</li> <li>3. 目前文獻報告中並未報導螞蟻硼酸有抗藥性現象,但個體會對吃的東西產生忌避,目前使用 10%糖液誘引,而黃狂蟻屬雜食性,目前擔心個體會對食物發生忌避而非藥劑抗藥性,因此這個問題會在之後持續評估。團隊會對黃狂蟻進行建立生命表(Life Table) 的研究資料,對於主要影響因子(key factor)也是本團隊所關注點,到底是溫度重要還是棲地環境重要?目前在研究室飼養 20 巢黃狂蟻,除瞭解行為外,其取食偏好也是研究重點。</li> </ol>
顏聖紘委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 如何評估移除效果?例如其他地區 colony 的移入?</li> <li>2. 除了移除與誘引以外,是否還有其</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 其觀察發現集中地點多與人為活動有關如垃圾堆,農業環境的板架,不過很多地方</li> </ol>

	<p>他的有效防治措施，例如控管某些農業資材的進入？</p> <p>3. 合適棲地的連續性為何？在計畫中未見評估與說明。</p>	<p>屬於私領域，未來各地區的環境教育是重要的。希望今年能辦一場針對志工及社區居民關於黃狂蟻的說明會。</p> <p>2. 除餌站外從去年開始設計誘蟻巢，但仍不是成熟的防治方法，冬天黃狂蟻會聚集在越冬蟻巢的現象。利用夾板營造空間，其蟻后及幼蟻住在其蟻巢盒，一次可移走數十隻以上的蟻后及一堆幼蟲。這個方法目前仍在嘗試，然後將越冬巢直接移走，以降低黃狂蟻族群密度。</p> <p>3. 未來應可描繪出黃狂蟻分佈範圍，目前發現黃狂蟻並不大進入森林中心，但因海岸林鄰近人為環境及路邊，因此進入海岸林邊緣。黃狂蟻屬於機會主義者，其邊際效應多的地方出現，因此族群分布並不是連續性存在分段現象。100公尺範圍放1個調查點，連續60個，有些距離較短會進入森林二層到三層，屬於區塊狀調查，港口目前分布範圍已快超出調查線，未來調查點會再擴展。</p>
<p>陳松茂委員</p>	<p>8. 現行農藥、殺蟲劑及家庭衛生用藥、天然除蟲劑及人工合成除蟲劑，現行應用上是否有效，可否利用在本防治上？</p> <p>9. 生物防治上，蘇力菌是否可利用？</p> <p>10. 本計畫執行時，請照會管理站同仁，本站可提供協助及配合。</p> <p>11. 計畫中所提接觸性藥劑處理屬局部，其防治效果有限，系統性如芬普尼餌劑(具毒性)防治效果應可達90%，然香蕉灣</p>	<p>1. 螞蟻用藥與其他除蟲劑不同，其蟻巢有很多個體，故不能只針對外面，還須處理蟻后幼蟲及巢內其他個體。除蟲菊精其有忌避效果，有時並不是消除蟲害而只是逃走達到忌避效果。</p> <p>2. 國外使用芬普尼處理，聖誕島以1公頃4公斤均勻撒佈，效果好是因為範圍廣且區塊內均勻撒落個體都能吃食，但可能造成非標的物種傷害，這種方法看似效果很快，三個月內能見效80%，但我評估今年仍採用餌站臺，屬於可控制調整來作防治，除非本方法無法壓制且陸蟹威脅很高。劉老師曾提及近年陸蟹狀況很不好可能與黃狂蟻密切有關，是否在短</p>



	<p>環境存在野生動物且附近有水源地及有些屬保護區，本計畫需考量這些環境特性。</p> <p>12. 國家公園法禁止施用農藥，本案屬專案計畫，經保育課報准符合法制。</p> <p>13. 餌劑含硼砂及糖水，其可能產生抗藥性及忌避，因為化學藥劑在施用時多有抗藥性，建議團隊使用交互用藥策略。</p>	<p>期內做大規模壓制，再後續評估。芬普尼固態餌劑雖然成分只有0.04%，但並非針對黃狂蟻，所有生物吃到都會有影響，會影響脫皮及其他機制，對陸蟹也有影響，會再檢視聖誕島的評估情形。</p> <p>3. 蘇力菌目前利用在螞蟻防治使用較少，但有評估過火蟻及其他種類，黃狂蟻則無，而黃狂蟻蟻巢相對乾燥。目前有在黃狂蟻發現一種病毒和一種線蟲，未來在防治上可能有助益，如族群感染，不過目前墾丁地區的並無病毒，會再持續研究。</p> <p>4. 目前先以餌劑防治，因為還有法規問題，將來若需大規模處理仍會依照規定申請，先以區域性防治再擴大規模處理。</p> <p>5. 感謝委員可進行評估。</p>
徐茂敬委員	<p>1. 今年計畫樣區主要設定在陸蟹熱點，如後灣、香蕉灣及港口。港口地區近年陸蟹數量減少，一直懷疑是黃狂蟻造成。</p> <p>2. 去年計畫是否有包含後灣，後灣樣區為私有地應取得同意進入監測。</p> <p>3. 會攻擊陸蟹的螞蟻種類是否只有黃狂蟻？去年陸蟹調查發現有螞蟻攻擊陸蟹但不知是否為黃狂蟻。本計畫期中報告時請老師提供幾種螞蟻圖片及特徵供辨識。</p>	<p>1. 後灣去年即進行調查，也是 60 樣點，主要在 1、2 個點，族群密度在 2 以下，其對陸蟹衝擊小。去年香蕉灣、砂島湧泉及港口地區密度等級在 3 以上，平均有 10-15 點，已形成較密集點，今年會再持續累積資料。</p> <p>2. 大部分攻擊是黃狂蟻為主，但環境中仍有大頭家蟻及擬大頭家蟻等。這部分可提供圖卡供志工辨識螞蟻種類，特徵包含大小、顏色及速度等。</p>
李登志委員	<p>1. 生態旅遊社區與陸蟹有關的有港口及後灣，監測與防治工作執行上可與社區夥伴結合。</p>	<p>針對志工和社區民眾會找時間來做宣導，目前放餌對志工來說是可以操作，收餌則是需要再溝通。餌臺是管理處購置將來可提供給志工做防治。</p>

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 86.8，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：107 年 1 月 15 日中午 11 時 45 分

## 附錄四

前期計畫「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」  
期初服務建議書評審會議紀錄 (105/01/06)

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"> <li>1. 黃狂蟻何時入侵台灣？何時出現於墾丁陸蟹區？</li> <li>2. 請注意陸蟹區是否存在熱帶火蟻？會危害陸蟹否？陸蟹區原生的蟻種是否會受到黃狂蟻危害？當地民眾是否反映過此蟻危害？</li> <li>3. 請注意此蟻是否也會危害當地原生植物、農作物及原生大、小動物。</li> <li>4. 危害等級之分級是自創或是引用文獻？</li> <li>5. 建議之誘集方法或防治方法是亞澳洲常用的方法？</li> <li>6. 在原產地的天敵為何？也請蒐集資訊。</li> <li>7. 可以藉陸蟹屍體判別此蟻的危害？</li> <li>8. 請注意此區黃狂蟻是單蟻后或多蟻后族群？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 黃狂蟻在台灣最早的發現紀錄是 Wheeler (1909) 便已記錄。在 2014 年協助王巧萍博士「墾丁國家公園龍坑及南仁山保護區環境教育活動模式與環境衝擊評估案」計畫已有黃狂蟻記錄。</li> <li>2. 黃狂蟻會與蚜蟲、介殼蟲等農業害蟲共生，所以黃狂蟻會間接危害到農作物；原生螞蟻族群是會受黃狂蟻的入侵受到影響。初步調查於湧泉區的民眾有反應螞蟻較多，但未明確是否為黃狂蟻。</li> <li>3. 對於當地原生植物、農作物及原生動物的影響需再評估。</li> <li>4. 誘集方法與危害等級引用自其他防治文獻。</li> <li>5. 黃狂蟻原產地為非洲，但原產地的天敵不明。</li> <li>6. 以目前的資料是無法由確定墾丁陸蟹的死亡是黃狂蟻所造成，但於聖誕島紅蟹的族群數量大量減少已證明是黃狂蟻所造成。</li> <li>7. 台灣地區的黃狂蟻族群都是多蟻后。</li> </ol>
顏聖紘委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 捕捉或誘捕的方法有專一性嗎？墾丁地區有非常多會圈養蜜源昆蟲的螞蟻，誘集方法是否有可能損害原生蟻群？</li> <li>2. 報告中應多增加長腳捷蟻的食性資料。</li> <li>3. 聖誕島的海島地形和墾丁地區</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫使用的誘集方法主要是針對廣食性的螞蟻物種設計，適合於雜食性的黃狂蟻。本計畫的誘餌中沒有毒性，因此對取食到的原生螞蟻也不會造成危害。</li> <li>2. 長腳捷蟻為雜食性的物種，較</li> </ol>

	不同，因此在島上使用的防治方法可否套用至本區域?評估在墾丁海岸林中使用誘餌誘集法的效能	<p>喜好植物或蚜蟲分泌之蜜露，也會捕食其他節肢動物。</p> <p>3. 本計畫將會評估適用於墾丁地區適合的防治方法。</p>
程建中委員	<p>1. 在本地區生態區位 (Ecological Niche) 與目標物種黃狂蟻之等位物種為何?</p> <p>2. 調查方法注意「穿越線」之生態學方法基本概念。本計畫應為步道兩側沿線調查。</p> <p>3. 藥劑芬普尼對目標物種黃狂蟻的有效劑量若干? 對環境安全劑量若干?</p> <p>4. 在研究計畫書中試驗設計部分未提及對陸蟹保育的績效評估方法?</p> <p>5. 本服務建議書缺「預期結果」部分，建議補充。</p>	<p>1. 黃狂蟻在本地區的生態區位多為受到人為干擾的環境尤其是農地與鄰進的森林邊緣。本地區與黃狂蟻等位的螞蟻物種為長角黃山蟻、熱帶大頭家蟻、多樣擬大頭家蟻等等。</p> <p>2. 已將穿越線法改成調查樣線。</p> <p>3. 本計畫防治方法是評估以低劑量硼酸(1~3%) 蔗糖液體餌劑為主，本計畫會評估其防治有效劑量與對環境之安全劑量。</p> <p>4. 因為本年度主要先以墾丁地區的黃狂蟻族群分布密調查為主，暫無法兼具於陸蟹保育評估。</p> <p>5. 已於「柒、計畫預期對相關施政之助益」中呈現。</p>
林欽旭委員	<p>4. 液態餌站之規劃設置，建議未來能以示意圖呈現。</p> <p>5. 在低劑量藥劑之施後，對長腳捷蟻及其他螞蟻之影響效果，有監測成果呈現。</p>	<p>1. 實驗方法為配置對長腳捷蟻極具誘引能力的液態誘餌(每管 35 毫升)，並搭配彰化師範大學社會昆蟲實驗室已獲得專利設計的螞蟻液態餌站裝置，讓長腳捷蟻去取食誘集台中的誘餌，並以照相或錄影的方式記錄長腳捷蟻的取食活動模式和數量，評估此樣區的長腳捷蟻危害狀況，會在期中與期末報告中呈現。</p> <p>2. 以低劑量硼酸(1~3%) 蔗糖液體餌劑為主，本計畫會評估其防治有效劑量與對環境(對其他螞蟻影響) 之安全劑量。</p>
陳玄武委員	<p>1. 危害評估在不同季節是否不同?</p> <p>2. 服務建議書內無資料分析方法。</p> <p>3. P.9 配合農委會的調查表格，應改為營建署相關資料格式建置。</p>	<p>1. 危害等級評估會因不同季節有變動，但若長期設置調查樣點便可以呈現出實際族群變動狀況。</p> <p>2. 已在服務建議書中「參、調查方法與過程」加入資料分析方法。</p> <p>3. 已更正為「營建署相關資料 附錄建置」。</p>
馬協群委員	<p>1. 除陸蟹外的物種，是否受影響? 建議在本計畫中也要有所著墨。</p>	<p>1. 因為本年度主要先以墾丁地區的黃狂蟻族群分布密調查為</p>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 陸蟹樣區的選擇，港口以及溪仔口至出風鼻段為何沒有？</li> <li>3. 熱帶大頭家蟻是否也是百大入侵，墾丁也有，其角色及影響為何？</li> <li>4. 黃狂蟻的活動降低超過 90%？（是否等同族群量降低 90%）</li> <li>5. 樣區穿越（樣）線型式？溫度紀錄的分析？</li> <li>6. 陸蟹活動時間與黃狂蟻不同，如何觀察到互動。</li> </ol>	<p>主，暫無法兼具於陸蟹保育評估，建議會在期中與期末報告中呈現。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 本年度調查規劃先以陸蟹主要四個熱點區域（香蕉灣、砂島、兩個湧泉區及後灣）為主。</li> <li>3. 熱帶大頭家蟻為百大嚴重入侵生物，但目前文獻中並無熱帶大頭家蟻攻擊陸蟹的情況。</li> <li>4. 此為其他國家黃狂蟻防治的結果，但其活動量是否直接可以反應族群降低的數據仍須再評估。</li> <li>5. 此部分已在計畫書中修改說明，溫溼度資料為輔助資料，以反應調查時調查點的環境資料。</li> <li>6. 此陸蟹與黃狂蟻互動資料資料，將會於期中與期末報告中說明。</li> </ol>
--	---	---

### 期中報告審查會議紀錄 (106/7/12)

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"> <li>1. 文獻指出黃狂蟻 1909 年級出現在台灣，工蟻體型有只有 0.4 公分，對陸蟹影響果真如報告中嚴重？請詳述其潛在危險原因，對何種陸蟹最具威脅性？</li> <li>2. 同樣是入侵種，此蟻種和熱帶火蟻何者較具危險性？兩者間之競爭如何？</li> <li>3. 黃狂蟻對陸蟹活體及受傷或衰弱個體攻擊否不同？</li> <li>4. 聖誕島之紅蟹似乎 road kill 較嚴重但報告中說三分之一族群受害是否言過其實？</li> <li>5. 注意芬普尼對於其他原生蟻類的影響。</li> <li>6. 所用液態調查或液態藥劑防治如何持續提供水分？</li> <li>7. 附近民眾是否反映此蟻會造成生活上的騷擾？</li> <li>8. 為何湧泉區蟻種及黃狂蟻較多？原因請說明。</li> <li>9. 入侵種還是需要做處理，本案處</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 陸蟹及黃狂蟻的互動關係目前調查還不多，健康陸蟹特體經過蟻巢會有閃避現象。黃狂蟻日夜間都會有活動，對夜間活動陸蟹仍有影響。</li> <li>2. 墾丁的狀況是否可與聖誕島做連結，還需要更多資料來佐證。</li> <li>3. 湧泉區螞蟻數量多及外來種多，主要是人為干擾多。期末報告會加強說明原因。</li> <li>4. 液態餌站台會提供 50cc，會穩定定量水分 (1-2 天內) (實驗避開氣溫高時段環境)。目前防治測試預計會放在有黃狂蟻熱點。</li> </ol>

	於風險評估階段。 10. 黃狂蟻對於其他生物的影響及關係再請多觀察著墨。	
顏聖紘委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 危害級數是如何建立的？數據分布為何？</li> <li>2. 墾丁國家公園東岸部分是否沒有種螞蟻？例如佳樂水？</li> <li>3. 需要擬定防治策略嗎？例如推廣到農家？與各鄉鎮？</li> <li>4. 管處編列此計畫主要想要瞭解黃狂蟻對於陸蟹之影響，因此建議注意黃狂蟻對陸蟹之危害程度，陸蟹被騷擾底線數量。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 當初劉烘昌博士團隊的陸蟹調查時亦包含東部港口地區，第一年因為經費人力有限固尚未含括東部，不過目前看來較有人類農業活動的地方可能存在此種類。</li> <li>2. 黃狂蟻目前非全區分布，目前看來有可能已經分布超過百年，主要在人為活動區域，可針對對重點區域防治，如果對陸蟹衝擊大，可針對熱區作防治。九月會針對砂島或香蕉灣地區選擇一區做防治評估試驗。</li> <li>3. 目前估算數量以呈現密度狀況。</li> <li>4. 會和陸蟹專家討論，來測試黃狂蟻對於陸蟹的干擾度行為測試。</li> </ol>
陳玄武委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請問團隊下半年的工作期程。</li> <li>2. 防治時用藥是否具有專一性，是否會對其他種類造成影響。其防治成效為何？</li> <li>3. 危害級數可改為數量級數，因未知其危害程度。</li> <li>4. 建議將港口地區列入調查，至少執行初步資料蒐集。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 下半年仍維持調查並加上九月份防治測試。</li> <li>2. 未具有專一性，防治評估並不會每個點都放，會以縮減族群密度為目標。</li> <li>3. 會後與承辦討論港口調查的可行性。</li> </ol>
陳信宏技士	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 管處亦有黃狂蟻出現，且有上樹情形，請教其嚴重程度。</li> <li>2. 黃狂蟻是否有天敵，石龍子或兩爬等？</li> </ol>	除穿山甲、烏和蜥蜴為天敵，主要天敵為其他種類螞蟻。因為人類趕走了原生的螞蟻。黃狂蟻行動速度較快，且會噴蟻酸故形成入侵種危害。
董于瑄技士	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 下半年防治測是否包含其他原生種螞蟻？並評估對原生種螞蟻造成的影響。</li> <li>2. 剛老師提到聖誕島最高密度可達 2000/m<sup>2</sup> 多隻，請問級距是否換算成墾丁這邊的黃狂蟻的密度。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 九月防治會看黃狂蟻及原生螞蟻種類變化狀況。</li> <li>2. 將再換算數據。</li> </ol>
郭筱清技士	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 聖誕島那邊的黃狂蟻會和介殼蟲發生關係，介殼蟲會在對當地的植物生態發生影響。就劉博士所述其黃狂蟻對當地森林生態及陸蟹生態造成極大的負面影響。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 黃狂蟻會與介殼蟲與蚜蟲等蜜源性半翅目昆蟲容易形成取食共生的互利行為，而這些半翅目昆蟲都為植物害蟲，且其提供的蜜露也是黃狂蟻族群數量龐大的食物來源之一。</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 接下來調查期會遇到陸蟹繁殖季，香蕉灣湧泉或砂島都會有陸蟹個體遷移降海釋幼，可利用此期間加強兩者互動觀察。</li> <li>3. 不同的危害等級是否會用相同的防治策略，嚴重級的危害是否仍有機會防治？會評估到何種程度。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 會配合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。</li> <li>3. 不同危害等級所利用的防治餌劑是相同的，但目前會以防治頻度與防治點數量來處理不同等級。</li> </ol>
謝桂禎約聘	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 今年螞蟻的出現頻率相當高，對陸蟹會主動攻擊嗎？還是只是經過被騷擾而發動攻擊。蝴蝶的蛹今年被螞蟻攻擊的比率相當高。(不確定是否黃狂蟻有攻擊)</li> </ol>	<p>螞蟻分三類，有肉食性螞蟻會攻擊生物。黃狂蟻因巢在落葉堆附近，陸蟹經過期領域時會有抵禦行為造成後續傷害。黃狂蟻會上樹會和介殼蟲和蚜蟲共生，是否會騷擾蝴蝶幼蟲和蛹則還要觀察，是否為取食且影響則未知。</p>
徐茂敬課長	依既定規劃港口地區陸蟹熱點黃狂蟻狀況是編列明年計畫執行	依委員意見辦理。
林欽旭委員	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 採集工蟻 500 隻做實驗，請問實際採集數量。</li> <li>2. 採集工蟻為自然環境還是人工環境封閉觀察。</li> <li>3. 食物偏好設置是分開設置還是擺在一起。</li> <li>4. 摘要：第 8 行中香蕉灣有 11 種，請載明。另 P.17 第 1 行香蕉灣也是 11 種，亦請載明。</li> <li>5. P.1 第 1 行「近年發現」是那一年？請說明。</li> <li>6. P.3 第 3 行敘明「非洲起源」；P4 圖二載明原棲地為非洲東部；P.6 第 1 行敘明「非洲西部」，三者不一，宜統一。</li> <li>7. P.7 倒數第 5 行「前人研究顯示」，宜敘明何人研究。</li> <li>8. P.11 提及「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」，對此其理由應做一交代。</li> <li>9. 錯漏字：P.1 第 6 行針對首要墾丁國家... (針對 2 字刪除)。P.2 三之二研究設計合於國家公園... (合適修改成適合)。P.6 中段「紅色陸蟹也吃或干擾森林底層」(紅色陸蟹是否應修改成黃狂蟻?)倒數第 3 行「於入侵地隻</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 採蟻巢回研究室各重複試驗各挑出 500 隻工蟻進行。</li> <li>2. 覓食實驗為人工蟻巢內放入 500 隻工蟻，會不斷進出覓食(不一定所有個體都會出去覓食，僅百分之二十至三十匯出去覓食)，攝影機監視錄影(1 小時 60 張照片)。隨機放置食物位置進行試驗。</li> <li>3. 感謝指導，將進行修正補充。</li> </ol>

	大發生」(入侵第應修改為入侵地)。P.7 倒數第 1 行「其他個體因分時有毒性餌劑」(分時應修改為分食)。P.8 倒數第 5 行「黑頭慌琉璃蟻」宜修改為「黑頭慌琉璃蟻」。P.12 第 3 行「大觀摩施灑芬普尼」(大觀摩應修改為大規模)。第 5 行「仍需警慎評估」(警慎應修改為謹慎)。中段「並進行進行變異數分析」(第二個進行為贅字，應刪除)。P.11 第三項第 2 行「因為螞蟻的生行為上」(生行為有漏字，宜補註)。	
李登志委員	老師是否同意有兩位志工或社區夥伴加入學習防治經驗。	非常歡迎志工與社區夥伴加入黃狂蟻的防治工作。
劉培東處長	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是否將陸蟹受攻擊狀況與黃狂蟻密度資料比對？危害之定義。數量與危害之關聯。</li> <li>2. 是否需要防治，何時進行？再請老師說明。</li> <li>3. 調查過程中是否看到黃狂蟻對其他生物攻擊。</li> <li>4. 目前調查結果顯示為區域分布，是否到了需要防治的程度，或是以降量為目標執行。</li> <li>5. 餌劑是否可針對蛋白質去做研發？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 黃狂蟻普遍存在各地且時間已經很久，其狀況與國外不同。一些資料仍需持續累積資料分析。</li> <li>2. 以目前部分地區黃狂蟻密度數量較多，建議於下年度計畫中開始防治作業。</li> <li>3. 有觀察到黃狂蟻攻擊捕食其他生物。</li> <li>4. 餌劑的確是朝向黃狂蟻喜好度設計。</li> </ol>

### 期末報告審查會議紀錄 (106/12/06)

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(書面意見)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以 card count 及液態餌站誘引到黃狂蟻和其他蟻種的數量比為何？此蟻入名已有 108 年，當地不同區域亦有 11-19 種(共 22 種)螞蟻，不像聖誕島等地蟻相單純，危害較大！這 108 年來陸蟹雖受黃狂蟻之危害，但未若聖誕島等地嚴重，是否蟻類多樣性造成蟻類間之競爭之故？</li> <li>2. 區域進行黃狂蟻防治，由於係利用化學藥劑，宜評估對其他蟻</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 聖誕島為海島型棲地環境其螞蟻比例相對可容納的螞蟻數量大約是 20-30 種，因其屬於干擾性較大的環境，故螞蟻數量起伏，整體螞蟻數量不像台灣多，墾丁地區螞蟻約百來種，海岸約 60 種，以餌站約可誘引 22 種螞蟻，其原本環境可達小平衡，但人類的干擾破壞此平衡，黃狂蟻隨人進來後其他螞蟻剩 2-3 種。級數 1-2 會有其他螞蟻</li> </ol>

	<p>類，尤其是本土蟻種之潛在影響。</p> <p>3. 未來為進行研究建議採集部分陸蟹進行如黃狂蟻捕食獵物間關係研究。</p> <p>4. 是否持續進行黃狂蟻對陸蟹影響研究？建議在報告中提出。</p>	<p>與黃狂蟻競爭，3-5 級蟻海戰術，其他螞蟻便無法與其競爭，超級群落為其優勢所在。</p> <p>2. 餌劑對其他螞蟻會有影響，其他螞蟻數量有上升或下降，目前餌劑僅放置在有黃狂蟻地方，可後續觀察其他蟻種消長情形。</p> <p>3. 與劉烘昌博士有許多討論，認為其兩者關聯性高。</p> <p>4. 本年調查結果顯示部分區域黃狂蟻的族群密度大，需積極進行防治作業，且族群密度調查仍須持續進行以了解族群變動狀況及防治成效。</p>
<p>馬協群委員</p>	<p>之所以選擇樹上防治餌站，而不是地面上餌站的原因為何？</p>	<p>兩者效果一樣，地上餌台容易受其他螞蟻干擾且吃食，而黃狂蟻危害嚴重的地區則是樹上都只有黃狂蟻，且樹上餌台可設置較多數量，落山風季風大地上餌台易傾倒，需要固定，故目前認為樹上餌台較好。因為此誘餌並非專為黃狂蟻設計，所以為了避免對其他螞蟻干擾，樹上餌台是個好方法。</p>
<p>程建中委員</p>	<p>1. 其生物學部分已有基本認識，其環境因子對其分布及活動頻度是否有研究？</p> <p>2. 黃狂蟻的天敵有那些文獻資料？蘇力菌製劑對這種社會性昆蟲的殺傷力，致死效應如何？</p> <p>3. 以餌站於後灣各地分四區取樣，建議以試驗設計的方式，可求得分區之詳細族群密度分布。</p>	<p>1. 本團隊持續累積環境因子、國內外文獻資料蒐集，如覓食時間、溫濕度還有環境本身棲地因子。地表溫度 34°C 以上即不出來覓食，所以調查模式也有所調整，環境資料將會陸續整理。鸞山地區穿山甲資料在越冬時會吃食大量黃狂蟻(越冬巢)，食蟻性動物會吃黃狂蟻。</p> <p>2. 寄生性細菌如蘇力菌或白殭菌、蟲生真菌是害蟲防治上常用的生物防治方法，但目前並無資料顯示黃狂蟻會被寄生感染。目前日本京都大學楊景程老師正在研究是否有病毒或線蟲可寄生於黃狂蟻。目前用在社會性昆蟲的生物性製劑較少，螞蟻本身抗生狀況較其他生物好，有外分泌腺及蟻酸殺菌，但仍有可能性當螞蟻族</p>



		<p>群數量較大時(超級群落)仍有遭受疾病的發聲。</p> <p>3. 目前數據資料相當龐大，目前以處理防治為重心。將來會持續分析資料確實了解黃狂蟻在陸蟹熱區內的族群分布密度是屬於哪種族群密度分布。</p>
<p>劉培東處長</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案結論針對黃狂蟻有防治之必要，請於報告中明確建議。</li> <li>2. 請將楊平世老師所提意見於報告補充完整論述。如陸蟹數量下降與黃狂蟻確實有關聯應於報告中論述。</li> <li>3. 既然有超級群落為何不採取直接攻擊蟻巢之策略？</li> <li>4. 餌劑硼酸濃度如何設定？</li> <li>5. 是否需復育穿山甲抑制黃狂蟻？</li> <li>6. 請團隊協助接續進行防治工作及在地志工訓練。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝指導，會於結案報告補充，的確在今年密度調查中顯示黃狂蟻在墾丁地區具有超級群落的現象是會對陸蟹的生存造成嚴重的威脅，因此建議須立即進行防治的作業。</li> <li>2. 需先找出熱點，且冬季為防治重點，只是蟻巢位置需明確。影片中的夾板為誘餌巢，將來會整個移除。但巢不容易找，尤其樹根下不好找。目前設了 6 個誘餌巢，每個月調查結果螞蟻數量頗大。</li> <li>3. 硼酸濃度通常不能太高，濃度 3% 約可讓黃狂蟻在 5-7 天內死亡，使在期間內有機會餵食給其他個體。通常濃度設定在 1%-3%，太高會直接造成死亡。</li> <li>4. 根據鸞山資料穿山甲可吃 70 種螞蟻，並無專一性只吃黃狂蟻。需了解穿山甲過去及現在在恆春的生存狀況再作整體評估。</li> <li>5. 將訓練當地義工來協助黃狂蟻防治工作。</li> </ol>
<p>王弘毅技佐 (書面意見)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 密度為族群分布及危害熱點判定指標，又黃狂蟻易受溫度顯著影響其覓食和出現活動時間，本研究於各樣點不同月份調查其密度，其調查時間為上午 0500-1000 下午 0200-0600，於各樣點之時段和順序是否相同，有可能影響調查結果。</li> <li>2. 防治前後比較，或可用密度等級來加以比較。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 的確黃狂蟻覓食與溫度有關，但有文獻指出若在有效覓食溫度時黃狂蟻的覓食活動是沒有差異性的，所以調查設定的時間不會影響到調查結果。</li> <li>2. 防治前與防治後的數據，會是防治成效重要比較的依據。</li> </ol>



## 參考書目

- 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、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.
- 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.
- Chapman RF, Bourke FG. 2001. The influence of sociality on the conservation biology of social insects. *Ecol. Letters* 4: 650–662.
- 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.
- 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.
- Drescher J, Bluthgen N, Schmitt T, Buhler J, Feldhaar H. 2010. Societies drifting apart? Behavioural, genetic and chemical differentiation between supercolonies in the yellow crazy ant *Anoplolepis gracilipes*. *PLoS ONE* 10, e13581.
- 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.

- Giraud T, Pedersen JS, Keller L. 2002. Evolution of supercolonies: The Argentine ants of southern Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 9: 6075–6079.
- 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.
- 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.

- Lewis T, Cherrett JM, Haines I, Haines JB, Mathias P L 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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). *Sociobio.* 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.
- Parks Australia. 2016. Christmas Island Yellow Crazy Ant Control Program: Moving from Chemical Control to a Biological Control Future.