

100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研究報告(100年)

「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研究報告

中華民國106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：486-105-01-528

「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」

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106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)

106 年墾丁國家公園黃狂蟻入侵狀況調查與防治策略研擬

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	106 年度	計畫編號	486-105-01-528	
四、計畫性質	委託辦理			
五、計畫期間	106 年 1 月 9 日至 106 年 12 月 31 日			
六、本期期間	106 年 1 月 9 日至 106 年 12 月 31 日			
七、計畫經費	895 千元			
	資本支出	仟元	經常支出	仟元
	土地建築	仟元	人事費	594 仟元
	儀器設備	仟元	業務費	36.6 仟元
	其 他	仟元	差旅費	100 仟元
			設備使用及維護費租金等	仟元
			材料費	70 仟元
			其 他	仟元
			雜支費	13 仟元
			行政管理費	81.4 仟元
八、摘要關鍵詞（中英文各三筆） 黃狂蟻、陸蟹、墾丁國家公園 <i>Anoplolepis gracilipes</i> , land crab, Kenting National Park				
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	
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	1
第三節 預期目標	2
第二章 計畫主題背景及有關文獻之檢討	3
第一節 外來入侵螞蟻 — 黃狂蟻	3
第二節 黃狂蟻的生態危害	6
第三節 黃狂蟻的調查與防治	7
第三章 調查方法與過程	9
第一節 調查方法	9
第二節 調查範圍及過程	11
第三節 墾丁國家公園黃狂蟻防治方法評估	11
第四章 合約工作進度	15
第一節 調查樣點分布	15
第二節 黃狂蟻干擾程度分級	17
第三節 106 年各樣區黃狂蟻分布現況調查與分析	18
第四節 黃狂蟻取食偏好調查	33
第五節 香蕉灣樣區使用誘餌防治黃狂蟻初期試驗	33
第五章 結論與建議	39
附錄	45
參考書目	55

表 次

表一	墾丁國家公園黃狂蟻偵測調查樣區餌站誘集之螞蟻種類.....	19
表二	墾丁國家公園四個調查樣區以餌站誘集到黃狂蟻的樣點百分比	20
表三	黃狂蟻對於 6 種誘餌的平均每分鐘取食個體平均數.....	34
表四	墾丁香蕉灣樣區防治前和防治後的黃狂蟻個體數量.....	35

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.....	10
圖四	本計畫黃狂蟻分布與監測調查五個樣區位置圖.....	15
圖五	後灣海岸林的黃狂蟻監測樣點.....	16
圖六	香蕉灣的黃狂蟻監測樣點.....	16
圖七	砂島的黃狂蟻監測樣點.....	16
圖八	湧泉區 (1, 2) 的黃狂蟻監測點.....	17
圖九	液態餌站所誘集到不同密度程度的黃狂蟻.....	17
圖十	106 年不同月份墾丁國家公園四個調查樣區以餌站誘集到黃狂蟻的樣點百分比.....	21
圖十一	106 年不同月份後灣樣區黃狂蟻分布狀況.....	23
圖十二	106 年不同月份後灣樣區黃狂蟻出現樣點趨勢圖.....	24
圖十三	106 年不同月份香蕉灣樣區黃狂蟻分布狀況.....	26
圖十四	106 年不同月份香蕉灣樣區黃狂蟻出現樣點趨勢圖.....	27
圖十五	106 年不同月份砂島樣區黃狂蟻分布狀況.....	29
圖十六	106 年不同月份砂島樣區黃狂蟻出現樣點趨勢圖.....	30
圖十七	106 年不同月份湧泉區樣區黃狂蟻分布狀況.....	32
圖十八	106 年不同月份湧泉區樣區黃狂蟻出現樣點趨勢圖.....	33
圖十九	106 年九月香蕉灣黃狂蟻餌劑防治樣點分布.....	35
圖二十	黃狂蟻防治工具.....	35
圖二十一	106 年十一月香蕉灣黃狂蟻餌劑防治樣點分布.....	37
圖二十二	黃狂蟻防治用地上型誘餌和樹上型誘餌.....	37

摘 要

關鍵詞：黃狂蟻、陸蟹、外來種、墾丁國家公園、液態餌劑

一、研究緣起

墾丁國家公園近年發現有黃狂蟻 (*Anoplolepis gracilipes* Smith, 1857) 已進入園區並出現於陸蟹棲地，有鑑外來種黃狂蟻在印度洋聖誕島等地造成嚴重的生態危害，威脅到當地本土保育類陸蟹的生存。因此有其必要針對黃狂蟻在園區的入侵情況作全面性瞭解，首要針對園區陸蟹熱點，瞭解其入侵現況及對當地原生物種及生態所造成之影響，以作後續因應管理。

二、研究方法

於後灣海岸林、香蕉灣、砂島、湧泉區等四個陸蟹熱點區域 (圖四) 分別建立 60、61、61、60 及 60 個黃狂蟻監測調查樣點，以螞蟻餌站台放置在四個黃狂蟻監測調查樣區，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。於 106 年 2 月至 12 月完成了 6 次樣區調查。

三、重要發現

共記錄有 22 種螞蟻種類，螞蟻種類數以湧泉區種類最多，發現有 19 種螞蟻，其次是砂島的 13 種及香蕉灣的 11 種與後灣的 11 種。黃狂蟻分布上以湧泉區與砂島的分布最為廣泛，各調查月份均有 20% 以上的採樣點調查到黃狂蟻，

其中又以湧泉區在 10 月份調查到 50 個樣點 (41.7%) 有黃狂蟻出現。砂島地區則是黃狂蟻的分布較廣與密度第二嚴重的區域，6 月份的 21 個採樣點 (34.4%) 最高，最低為 2 月有 14 個採樣點 (23.0%)，許多調查樣點屬於中高度或高度密度程度。以目前所調查結果呈現，人為干擾較為頻繁的地區 (漁港、農舍、農地等) 也是黃狂蟻分布與密度較高的區域，未來應就此人為干擾現象做進一步的分析討論。另外黃狂蟻取食偏好測試中發現，黃狂蟻對 10% (w/v) 蔗糖水與 10% (w/v) 蜂蜜水有高於其他配方的誘引力。建議使用 3% 硼砂混合 10% 糖水誘餌進行防治黃狂蟻，於香蕉灣樣區已進行防治初期試驗。

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 (如佳樂水港口地區)，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，因此建議須立即進行墾丁地區黃狂蟻的防治作業。
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: Yellow crazy ant, Land crab, Exotic species, Kenting National Park, Liquid bait

1. Research background

In recent years, yellow crazy ants (*Anoplolepis gracilipes* Smith, 1857) have been spotted inside Kenting National Park and also been found in the habitat of land crabs. Since this invasive ants have caused serious ecological damage on Christmas Island in Indian Ocean and elsewhere, and threatening the survival of endemic land crabs, there is a serious need to comprehensively understand the invasion of yellow crazy ants in the park. We primarily focused on land crabs hotspots, understanding the current status of yellow crazy ants and its impact on the endemic species and ecology, for follow-up management of this ants.

2. Research methods

Field survey was carried out at four land crabs hotspots: Houwan, Hsiangchiaowan, Shadao, and Natural Spring areas (Figure 4) where total of 60, 61, 61, and 120 sample points were set up, respectively. Liquid bait stations were deployed at the four study sites, and the yellow crazy ant density score was assessed based on the number of foraging ants above the bait station after 30 minutes of deployment (digital images of ant individuals were captured to assist calculation). The density score was divided into 5 categories. From February to December 2017, a total of 6 samplings were completed.

3. Important findings

A total of 22 ant species were recorded in this study. Highest ant-species richness was found in Natural Spring, with 19 ant species discovered, followed by 13 ant species in Shadao, 11 ant species in Hsiangchiaowan and Houwan, respectively. The distribution of yellow crazy ants is most widespread in Natural Spring and

Shadao areas, where more than 20% of sample points were found with this ants in each survey month. In Natural Spring, total of 50 sample points (41.7%) were found with yellow crazy ants in October. Among 4 study sites, Shadao has the second widest distribution and second highest density of yellow crazy ants, with widest distribution in June (21 sample points, 34.4%) and least distribution in February (14 sample points, 23.0%). Many sample points categorized as medium-high or high density. According to current results, human-frequented areas (fishing port, farmhouse, agricultural land, etc.) have the highest distribution and density of yellow crazy ants, further research on this anthropogenic influence should be conducted in the future. In addition, yellow crazy ants highly attracted to 10% (w/v) sucrose and 10% (w/v) honey solution compared with other bait formulation in bait preference test. Recommended to mix 3% borax with 10% sucrose solution as bait attractant in the control of yellow crazy ants, and preliminary control experiments will be conducted in Hsiangchiaowan area.

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 (e.g. port area in Jialeshui) 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，然而在 2014 年發現被列名百大入侵生物的黃狂蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 已進入墾丁國家公園園區 (王 2014)，並出現於陸蟹棲地 (劉 2015)，鑑於此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，因此有其必要針對此外來種黃狂蟻在墾丁國家公園園區入侵分布的情況作全面性的瞭解。本「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」計劃案將首要針對墾丁國家公園園區陸蟹主要熱點地區，瞭解外來種黃狂蟻入侵園區的現況，及進一步評估此外來種黃狂蟻對當地原生物種及生態所造成之影響，並研擬園區內防治黃狂蟻策略，以作後續因應管理規劃。

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四個地區為最重要的陸蟹棲息地(劉 2015)。在 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」的研究成果主要建議中，便記錄在香蕉灣與沙島地區的多處陸蟹主要棲息海岸林，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。因此有其必要針對黃狂蟻在墾丁國家公園園區的入侵情況作全面瞭解，首要針對園區陸蟹熱點 (香蕉灣、砂島、湧泉區及後灣) 進行黃狂蟻的分布與密度調查，以瞭解黃狂蟻入侵現況及對當地原生物種及生態所造成之影響，並提出相關防治建議以作後續因應管理策略參考。

三、預期目標

1. 針對園區陸蟹主要四個熱點區域 (香蕉灣、砂島、兩個湧泉區及後灣遊憩一的海岸林) 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評估。
2. 評估黃狂蟻對於園區內生物多樣性尤其是原生物種 (陸蟹) 所造成影響程度。
3. 研究設計適合於國家公園園區內黃狂蟻防治技術，以作為黃狂蟻族群的防治策略的參考資料。
4. 提出具體管控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

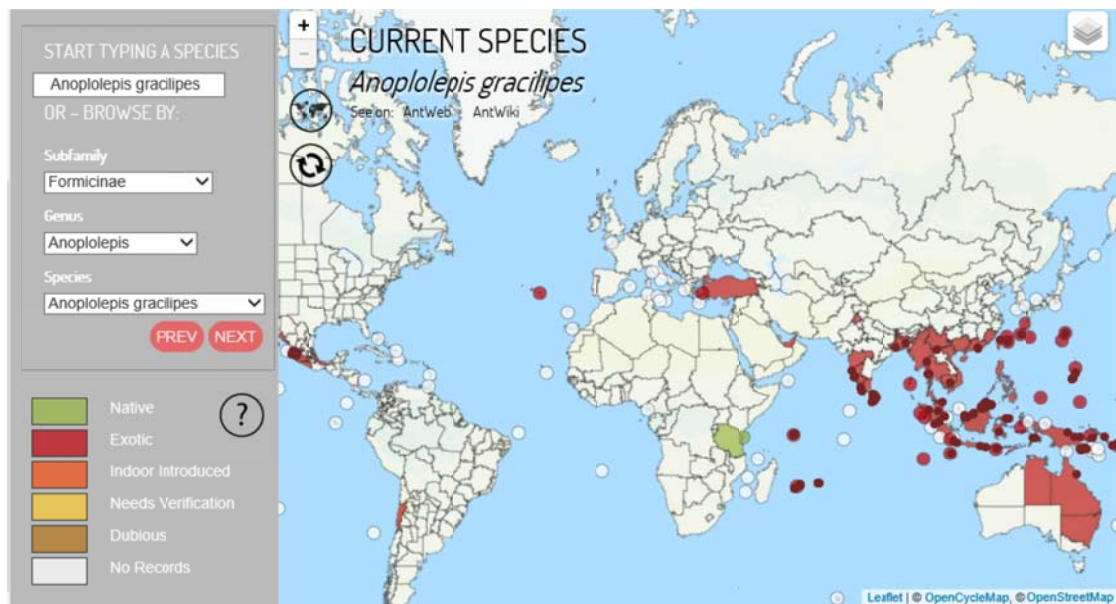
一、外來入侵螞蟻 — 黃狂蟻

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屬於非洲起源的螞蟻種類，但已經長期因為人類的經濟活動而擴散至全世界各地區，並在一些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)。黃狂蟻在台灣最早的發現紀錄是 Wheeler (1909) 所發表台灣與菲律賓的螞蟻文章中，但 Wheeler 並未來到台灣採集，而是描述由德國人 Hans Sauter 在高雄附近所採集到的 20 種螞蟻，其中便已記錄黃狂蟻分布於南台灣。而此非洲起源的黃狂蟻應為台灣島上先民早期的經濟活動 (如將經濟作物植栽引進台灣種植，而隨植栽客土或土球移入) 便將黃狂蟻引入台灣，但目前分布於台灣全島海拔 500~600 公尺以下人為干擾較大的都市與農業環境中。黃狂蟻已是被確定為重要的入侵螞蟻，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。

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 (super colony)。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)。



圖一 黃狂蟻/長腳捷山蟻 (*Anoplolepis gracilipes*) 工蟻 (尺標 1 mm)。



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)(資料取自 AntMap 網站)。

黃狂蟻是屬於單態型職蟻種類，無兵蟻亞階級，工蟻體長約 4 mm。頭部呈長橢圓形。大顎亞三角型，大顎 7 齒以上。觸角 11 節，觸角柄節極長，長度 2 倍長於頭長，無明顯觸角錘節。觸角與足明顯細長。無單眼；複眼大，由數十個小眼組成，位於頭蓋中線中側緣。前胸背板明顯細長延伸，無前伸腹節刺，前伸腹節隆起圓弧狀。腹柄節柄部不明顯，瘤部呈方型，無腹柄節刺與腹柄節下突起。腹錘背板光滑無刻紋，著生均勻長針狀體毛。螫針退化，具酸腺孔，酸腺孔圓形開口上著生長緣毛。黃狂蟻食性廣泛，此廣食性的覓食特性，也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)。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)。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。

二、黃狂蟻的生態危害

近年來許多研究發現源自非洲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。重大的生態浩劫在印度洋的聖誕島發生，於 1989 年第一次被調查發現黃狂蟻的多蟻后超級蟻群，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）(Abbott 2005)；黃狂蟻對聖誕島上原生的聖誕島紅蟹 (*Gecarcoidea natalis*) 之生存造成相當嚴重衝擊，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。此螞蟻會殺害休憩在洞穴裡的陸蟹，霸佔並使用洞穴為其巢穴。聖誕島黃狂蟻也吃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。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。有些研究發現在乾燥的季節時，黃狂蟻偏好高蛋白質的食物。相反的，在潮濕的季節裡，黃狂蟻偏好高碳水化合物食物的食物 (Abbott *et al.* 2014)。黃狂蟻具有強烈嗜糖類 (carbohydrate) 特性，於入侵地之大發生通常和當地產蜜昆蟲之豐富蜜露產量具強烈相關性 (Abbott and Green 2007)。雖然目前聖誕島只有少於 5% 的雨林被入侵，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；卡片和誘餌物放置時間各別設定於 20~30 秒和 15~30 分鐘，並計算覓食螞蟻的數量 (O'Dowd *et al.* 2003, Abbott *et al.* 2005, Hoffmann *et al.* 2014)。此調查會在施藥前後各進行至少一次，以作為評估防治效果之根據。

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），並以直升機於發生區域內均勻撒佈固態餌劑 (Green *et al.* 2009, Boland *et al.* 2011)。防治成果顯示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%。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。

第三章、調查方法與過程

一、調查方法

有鑒於黃狂蟻有嗜糖和偏好液體食物的行為 (Chong 2008)，本計畫使用誘餌誘集法作為調查黃狂蟻入侵面積及密度的方法。液態餌劑將會使用 10% (w/v) 蔗糖溶液，將 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園區陸蟹主要四個熱點區域(香蕉灣、砂島、湧泉區及後灣)，總計每個調查樣區每次調查設置 60 或 61 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 分鐘左右後取回餌站，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。

但於墾丁地區環境調查結果顯示，黃狂蟻會避開較高溫氣溫 (早上 1100~下午 0200，地表溫度超過 35°C) 且會將覓食活動時間往提早至早上 0500~1000，及延後至下午 0200~0600，尤其在夏季 (控制在地表溫度低於 32°C 以下)。因此調查時間將以早上 0500~1000 及下午 0200~0600 為主，在提供穩定蔗糖液態餌料的狀況下，黃狂蟻會於 20~30 分鐘內達到覓食工蟻的穩定數量且會維持數小時 (餌劑無減少的條件下)，故本計畫黃狂蟻的液態餌站調查將會在上述段時間內進行完成。



圖三 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，如一條調查樣線上的螞蟻平均數量超過 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。

二、調查範圍及過程

對於園區陸蟹熱點四個區域（香蕉灣、砂島、兩個湧泉區及後灣）建立調查樣區，每個調查樣區規劃 60 或 61 個偵測點，自 106 年 2 月起每 2 個月進行一次全樣區（陸蟹熱點四個區域）調查樣點黃狂蟻族群與密度程度之偵測。每個調查樣區與偵測點，均以 GPS 標定，配合營建署相關資料格式建置規定，提供國家公園管理處建立 GIS 系統資料。

三、墾丁國家公園黃狂蟻防治方法評估

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，因為在螞蟻的行為生態，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較不可行的防治方法，因為這些接觸性藥劑的使用及藥性評估，都是依據農藥(農地)或環藥(居家環境)的規範，這些藥劑均無法直接施用在天然環境中。因此，在有害螞蟻的防治上，多採取餌劑防治的策略，以誘引覓食工蟻取食含低劑量藥劑（毒劑或生長調節劑等）的固態、膠體或液態螞蟻防治餌劑，並利用螞蟻覓食後會攜回蟻巢相互餵食的行為，在一定時間內可使全巢個體（尤其是蟻后）均取食到藥劑，進而除滅蟻巢目的。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）。

國外防治黃狂蟻會以使用含 0.001% ~ 0.01% (w/w) 芬普尼的固態餌劑（每公頃施用 4 公斤），並以直升機於發生區域內均勻撒佈餌劑來防治印度洋聖誕島危害紅蟹的黃狂蟻 (Green *et al.* 2009, Boland *et al.* 2011)；但此大規模施撒芬普尼成分固態餌劑的方法，雖然藥劑的成分非常的低 (0.001% ~ 0.01% w/w)，但是否適用於墾丁國家公園境內仍需謹慎評估，而且其防治成效是否可於台灣環境中比照使用仍有待商榷。

本計畫將測試墾丁地區黃狂蟻取食偏好測試，做利用添加毒物的餌劑使用在入侵種黃狂蟻的餌劑防治之參考，將搭配含有黃狂蟻偏好的食物混和有效防治藥劑 (1-3% w/v 硼酸) 與液態餌站使用，進行黃狂蟻的防治成效評估。利用採集自墾丁地區之黃狂蟻族群，每 500 隻黃狂蟻工蟻為測試巢，測試以葵花油、鮭魚、奶油、花生醬、10% (w/v) 的蔗糖水和 10% (w/v) 蜂蜜水等 6 種食材測試黃狂蟻的食性偏好，並用縮時攝影機每分鐘記錄一次黃狂蟻的取食狀況，試驗時間約一小時 (n = 6)，記錄每分鐘黃狂蟻的取食不同食材的個體數，並進行變異數分析 (One-way ANOVA, Dunn's post hoc test) 比較黃狂蟻的食性偏好。

本計畫將先以選擇陸蟹熱點四個區域中的香蕉灣樣區，於有偵測到黃狂蟻的偵測點(10 點) 進行初期防治測試，以 50 ml 之 10% (w/v) 蔗糖溶液液態餌劑 (搭配 2% w/v 有效防治藥劑硼酸)(Chong and Lee, 2009a) 並與液態餌站使用，計畫於 9 月份進行一次 24 小時的餌劑防治處理，除記錄 24 小時防治後液態餌劑

取食量外，將於 10 月份定期性黃狂蟻偵測調查後，比較防治樣點黃狂蟻防治前與防治後黃狂蟻密度變化，並以 Wilcoxon signed-rank test 進行防治前後密度與程度變化的統計分析。本研究並於 106 年 11 月進行香蕉灣地區加強餌劑防治作業，本次防治共放置 100 個餌台以濃度 3%硼酸混合的 10%蔗糖溶液 50 毫升，防治方式為放置餌台後 48 小時回收餌台，並於將於 12 月份定期性黃狂蟻偵測調查後，比較防治樣點黃狂蟻防治前與防治後的密度與危害程度變化。此初步區域防治成效評估，將作為管控墾丁國家公園內黃狂蟻族群的防治策略及建議的重要參考資料。

第四章、合約工作進度

一、調查樣點分布

本計畫於後灣海岸林、香蕉灣、砂島、湧泉區等四個陸蟹熱點區域（圖四）分別建立 60、61、61、60 及 60 個黃狂蟻監測調查樣點，各樣區的調查樣點分布如圖五、六、七、八所示。

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。



圖四 本計畫黃狂蟻分布與監測調查五個樣區位置圖（後灣海岸林、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區）。



圖五 後灣海岸林的黃狂蟻監測樣點 (共60個樣點)。



圖六 香蕉灣的黃狂蟻監測樣點 (共61個樣點)。



圖七 砂島的黃狂蟻監測樣點 (共61個樣點)。



圖八 湧泉區 (1, 2) 的黃狂蟻監測點 (共120個樣點)。

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(以照片輔助計算蟻個體數量)。密度級數將分為 5 個分級(圖九)，分別為：第零級/無：無黃狂蟻；第一級/輕度密度：1~5 隻黃狂蟻；第二級/中度密度：6~20 隻黃狂蟻、第三級/中高度密度：21~50 隻黃狂蟻、第四級/高度密度：51~100 隻黃狂蟻、第五級/嚴重密度：超過 100 隻黃狂蟻。



圖九 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、106 年各樣區黃狂蟻分布現況調查與分析

本年度計畫期末報告前於後灣海岸林、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區等五個黃狂蟻監測調查樣區，已完成 6 次黃狂蟻監測調查（二月、四月、六月、八月、十月及十二月）。共記錄有 22 種螞蟻種類（表一），螞蟻種類數以湧泉區種類最多發現有 19 種螞蟻，其次是砂島的 14 種及香蕉灣的 13 種與後灣的 11 種。在目前所調查的螞蟻種類，其中有 5 種螞蟻（包括黃狂蟻）為被全球入侵種資料庫 (GISD) 列為外來入侵生物，這 5 個螞蟻種類分別是黃狂蟻 (*Anoplolepis gracilipes*)、黑頭慌琉璃蟻 (*Tapinoma melanocephalum*)、長角黃山蟻 (*Paratrechina longicornis*)、熱帶火家蟻 (*Solenopsis geminata*) 及熱帶大頭家蟻 (*Pheidole megacephala*)。其中以熱帶大頭家蟻僅分布在湧泉區外，其他 4 種入侵螞蟻（包括黃狂蟻）均有出現在四個監測樣區中。湧泉區發現最多螞蟻種類有 19 種螞蟻，經應該與該區有較明顯的農業類型環境，且此區環境也相較於其他區有較潮溼的環境條件；與其他三區比對後，熱帶大頭家蟻與彎針彎家蟻僅出現在湧泉區種類，另三種樹棲型的螞蟻種類台灣舉尾家蟻、暗紅舉尾家蟻及黑棘蟻則沒有出現在湧泉區。

在四個樣區各月份中，除八月的後灣樣區沒有黃狂蟻出現，黃狂蟻於每個調查月份與調查樣區中均有出現，這樣的季節與區域的分布狀況，同為入侵螞蟻的黑頭慌琉璃蟻與長角黃山蟻，及本土種褐大頭家蟻也有如此分布現象，而熱帶火家蟻則隨著月份的升高逐漸增加於各調查樣區中的分布。

表一 墾丁國家公園黃狂蟻偵測調查樣區 (後灣、香蕉灣、砂島、兩個湧泉區) 餌站誘集之螞蟻種類 (二月、四月、六月、八月、十月及十二月)

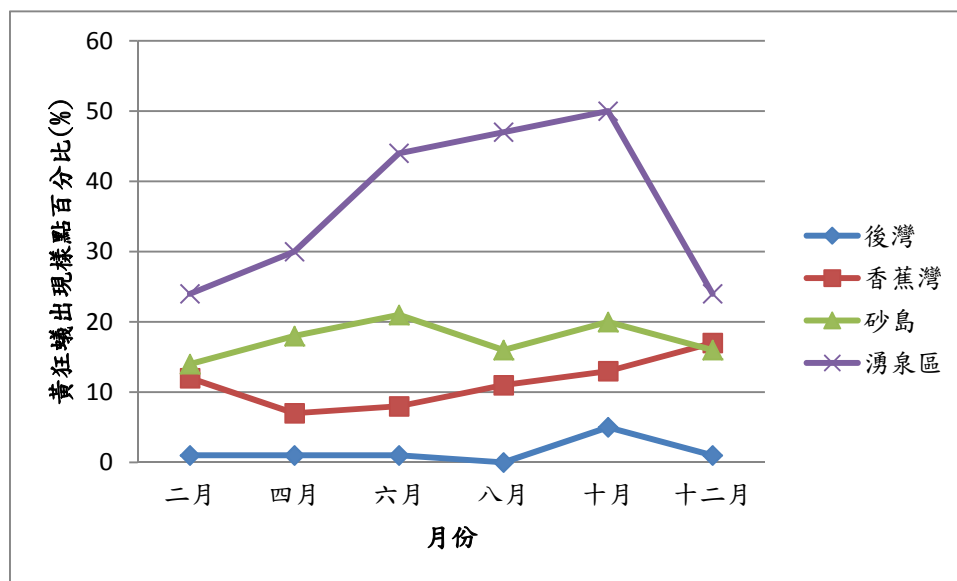
	106/2				106/4				106/6				106/8				106/10				106/12			
	後灣	香蕉灣	砂島	湧泉區	後灣	香蕉灣	砂島	湧泉區	後灣	香蕉灣	砂島	湧泉區	後灣	香蕉灣	砂島	湧泉區	後灣	香蕉灣	砂島	湧泉區	後灣	香蕉灣	砂島	湧泉區
光滑管琉璃蟻	√			√				√				√				√			√	√				
黑頭慌琉璃蟻*	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
台灣鱗山蟻				√																				
邵氏黃山蟻				√	√																			
柯氏黃山蟻			√	√				√			√			√	√					√				
長角黃山蟻*	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
黃狂蟻*	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
黑棘山蟻	√															√								
日本鯪家蟻		√	√	√			√			√					√			√						
廣節單家蟻						√	√			√	√	√			√			√					√	
入侵單家蟻				√		√																		
中華單家蟻				√	√			√	√			√		√						√				
花居單家蟻	√			√	√		√	√	√			√	√						√	√	√	√	√	
多樣擬大頭家蟻		√	√	√		√	√	√		√		√		√	√	√		√				√	√	
熱帶火家蟻*	√			√	√	√		√	√	√	√	√	√		√	√	√		√	√	√	√	√	
寬結大頭家蟻		√	√	√		√	√	√			√	√		√	√	√		√	√	√		√	√	√
褐大頭家蟻	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√
熱帶大頭家蟻*				√			√				√													√
台灣舉尾家蟻						√				√				√	√									
暗紅舉尾家蟻			√																					√
彎針彎家蟻				√																				
暗黑窄胸家蟻							√	√							√									
22	8	7	9	17	8	10	9	12	9	8	8	12	6	10	9	9	6	8	7	11	8	7	10	7
	19				16				14				15				13				12			

* 被全球入侵種資料庫 (GISD) 列為外來入侵生物。

106 年各月份在四個調查樣區的黃狂蟻出現樣點數和比例如表二所示，整體四個樣區總計 302 個樣點的黃狂蟻分布自二月至十月間有逐月上升的趨勢，由二月份的 16.9% 逐漸攀升到十月份的 29.1%，有 88 採樣點有黃狂蟻的出現，但於十二月份則明顯下降至 19.2%，剩 58 採樣點有黃狂蟻的出現，而十二月各樣區的黃狂蟻出現樣點除香蕉灣以外皆有下降的趨勢。四個樣區以砂島樣區與湧泉區的黃狂蟻密度程度較為嚴重，各月份均有 20% 以上的採樣點發現到黃狂蟻。砂島以六月最高，有 21 個樣點(34.4%)，最低為二月有 14 個樣點(23.0%)。湧泉區以十月份的 50 個樣點(41.7%) 最高，最低為二月有 24 個樣點(20.0%)。後灣地區各月份的黃狂蟻分布較少，二月至八月和十二月皆只有 0 至 1 個樣點(0~1.7%) 發現到黃狂蟻，而在十月份提高至 5 個樣點(8.3%)。香蕉灣樣區的黃狂蟻入侵程度以十二月最多，有 17 個(27.9%) 樣點，其他月份均有 10% 以上的樣點有黃狂蟻出現。

表二 106 年不同月份墾丁國家公園黃狂蟻四個調查樣區以餌站誘集到黃狂蟻的樣點百分比

	調查樣點數	二月	四月	六月	八月	十月	十二月
後灣	60	1 (1.7%)	1 (1.7%)	1 (1.7%)	0 (0%)	5 (8.3%)	1(1.7%)
香蕉灣	61	12 (19.7%)	7 (11.5%)	8 (13.1%)	11 (18.0%)	13 (21.3%)	17(27.9%)
砂島	61	14 (23.0%)	18 (29.5%)	21 (34.4%)	16 (26.2%)	20 (32.8%)	16(26.2%)
湧泉區	120	24 (20.0%)	30 (25.0%)	44 (36.7%)	47 (39.2%)	50 (41.7%)	24(20.0%)
總計	302	51 (16.9%)	56 (18.5%)	74 (24.5%)	74 (24.5%)	88 (29.1%)	58(19.2%)



圖十 106 年不同月份墾丁國家公園黃狂蟻四個調查樣區以餌站誘集到黃狂蟻的樣點百分比。

1. 後灣樣區黃狂蟻分布現況

106 年二月在後灣海岸林樣區的 60 個樣點中，有 1 個樣點達到二級中度密度（圖十一），其分布位置靠近於國立海洋生物博物館停車場周邊。此月份除黃狂蟻外，還誘集到其他 7 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻 (*Tapinoma melanocephalum*)、長角黃山蟻 (*Paratrechina longicornis*) 和熱帶火家蟻 (*Solenopsis geminata*) 等 3 種外來入侵螞蟻。

四月份有 1 個樣點達到二級中度密度，位置靠近於國立海洋生物博物館停車場周邊。另外還誘集到其他 8 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 3 種外來入侵螞蟻。

六月份有 1 個樣點達到一級輕度密度，位置靠近於國立海洋生物博物館停車

場。另外還誘集到其他 9 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、花居單家蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

八月份無誘集到黃狂蟻。另外還誘集到其他 6 種螞蟻，包含花居單家蟻、黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

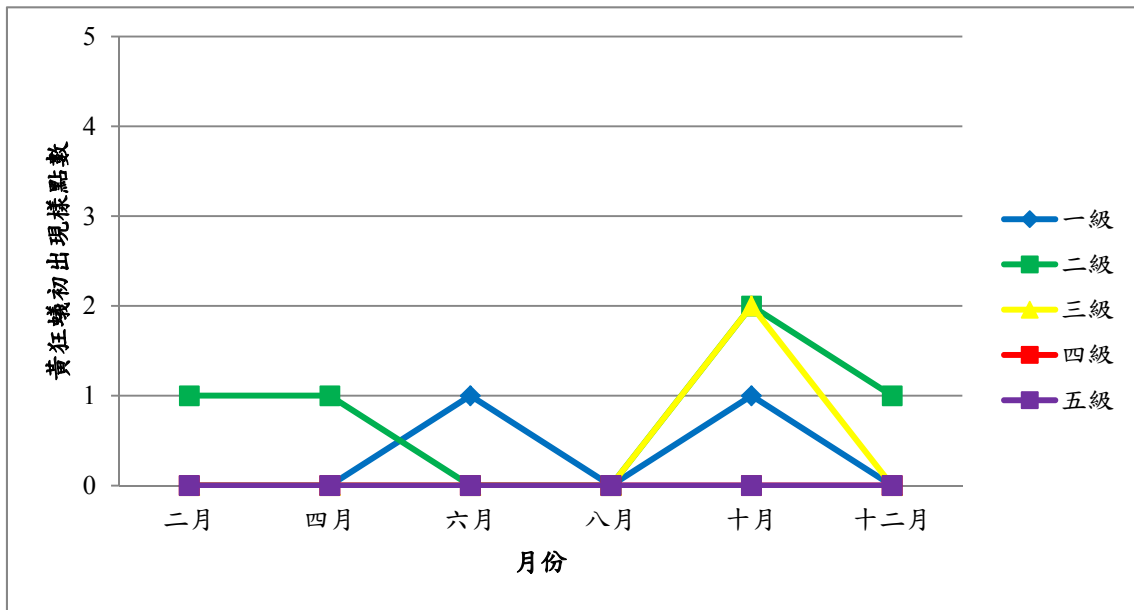
十月份有 5 個樣點發現到黃狂蟻，其中有 1 個樣點屬於一級輕度密度、2 個樣點屬於二級中度密度、2 個樣點屬三級中高度密度，這些樣點位於防風林周邊停車場與鄰近的車道。

十二月份有 1 個樣點達到二級中度危害，位置靠近海岸林周邊車道，其餘樣點均無發現長腳捷山蟻。除長腳捷山蟻外，還誘集到其他 9 種螞蟻，其中包含黑頭慌琉璃蟻 (*Tapinoma melanocephalum*)、長角黃山蟻 (*Paratrechina longicornis*)，花居單家蟻和熱帶火家蟻 (*Solenopsis geminata*) 等 4 種外來入侵螞蟻。

後灣海岸林樣區是在所調查樣區中黃狂蟻分布最少的地區，在目前各月份調查的 60 個樣點中分布均少於 10% 以下(圖十二)，這些分布點都靠近人為活動區。



圖十一 106年不同月份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)。



圖十二 106 年不同月份後灣樣區黃狂蟻出現樣點趨勢圖。

2. 香蕉灣樣區黃狂蟻分布現況

106 年二月份香蕉灣樣區的 61 個樣點中，有 12 個樣點發現黃狂蟻 (圖十三)，其中 4 個樣點屬於一級輕度密度、3 個樣點屬於二級中度密度、3 個樣點屬三級中高度密度、2 個屬於四級高度密度，黃狂蟻出現地點多靠近南邊漁港的週邊，少部分出現在樣區北部的車道，分布範圍長約 800 公尺。除黃狂蟻外，還誘集到其他 6 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻和長角黃山蟻等 2 種外來入侵螞蟻。

四月份有 7 個樣點發現黃狂蟻，其中 2 個樣點屬於一級輕度密度、3 個樣點屬於二級中度密度、2 個樣點屬三級中高度密度，黃狂蟻出現地點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，分布範圍長約 700 公尺。另外還誘集到其他 9 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 3 種外來入侵螞蟻。

六月份有 8 個樣點發現黃狂蟻，其中 2 個樣點屬於一級輕度密度、5 個樣點

屬於二級中度密度、1 個樣點屬四級高度密度，黃狂蟻出現地點較集中於漁港的週邊區域，分布範圍長約 300 公尺。另外還誘集到其他 9 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 3 種外來入侵螞蟻。

八月份有 11 個樣點發現黃狂蟻，其中 3 個樣點屬於一級輕度密度、6 個樣點屬於二級中度密度、2 個樣點屬於三級中高度密度。黃狂蟻出現地點較集中於漁港的週邊區域，少部分出現在樣區北部和中部的車道，分布範圍長約 600 公尺。另外還誘集到其他 9 種螞蟻，包含花居單家蟻、黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

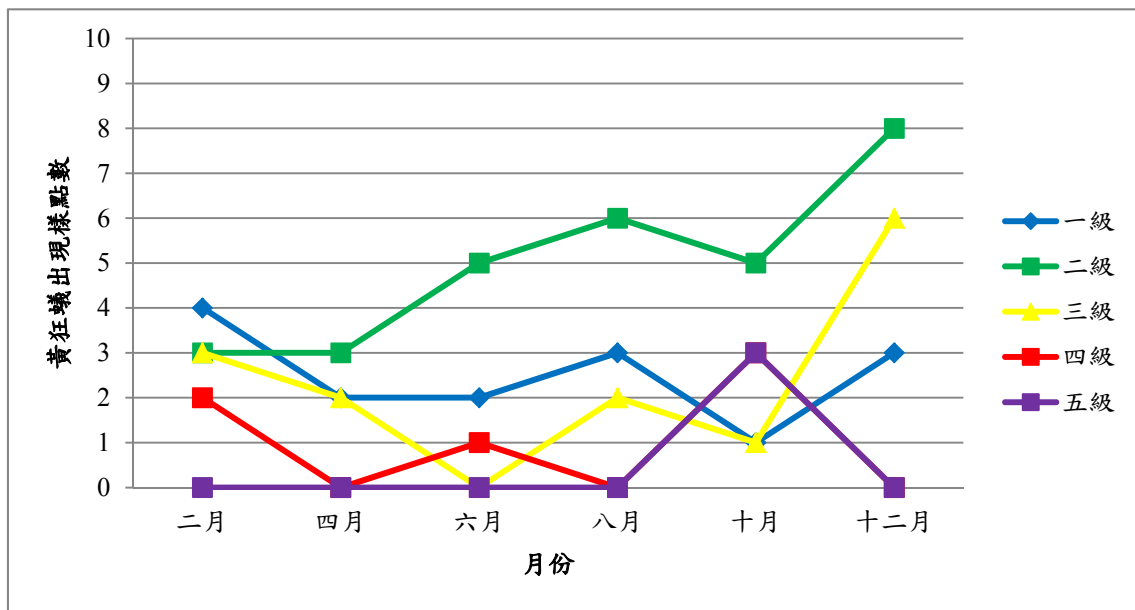
十月份有 13 個樣點發現黃狂蟻，其中 1 個樣點屬於一級輕度密度、5 個樣點屬於二級中度密度、1 個樣點屬於三級中高度密度、3 個樣點屬於四級中高度密度、3 個樣點屬於五級嚴重密度。黃狂蟻出現地點在樣區的周邊車道上，分布範圍長約 800 公尺。黃狂蟻密度較嚴重的區域除了靠近漁港的週邊，還出現於樣區北部的車道旁。另外還誘集到其他 8 種螞蟻，包含花居單家蟻、黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

十二月份有 17 個樣點發現長腳捷山蟻，其中 3 個樣點屬於一級輕度危害、8 個樣點屬於二級中度危害、6 個屬於 4 級高度危害，長腳捷蟻出現地點多位於海岸林車道周邊與靠近南邊漁港的海岸林。除長腳捷山蟻外，還誘集到其他 5 種螞蟻，其中還有黑頭慌琉璃蟻、花居單家蟻和長角黃山蟻等 3 種外來入侵螞蟻。

香蕉灣樣區中黃狂蟻分布在目前個月份調查的 60 個樣點顯示，分布均於 10~20%之間，且這些分布點均有集中的現象。



圖十三 106 年不同月份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)。



圖十四 106 年不同月份香蕉灣樣區黃狂蟻出現樣點趨勢圖。

3.砂島樣區黃狂蟻分布現況

106年二月在砂島樣區樣點的61樣點中，有14個樣點發現黃狂蟻（圖十五），其中5個樣點屬於一級輕度密度、5個樣點屬於二級中度密度、3個樣點屬三級中高度密度、1個屬於四級高度密度，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及週邊海岸林，在樣區中部的車道有零星出現，分布約500公尺。除黃狂蟻外，還誘集到其他8種螞蟻，其中黑頭慌琉璃蟻和長角黃山蟻等2種外來入侵螞蟻。

四月份有18個樣點發現黃狂蟻，其中11個樣點屬於一級輕度密度、7個樣點屬於二級中度密度，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及週邊海岸林，但在南邊的車道都有零星分布，分布約1200公尺。除黃狂蟻外，還誘集到其他7種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻和長角黃山蟻等2種外來入侵螞蟻。

六月份有21個樣點發現黃狂蟻，其中6個樣點屬於一級輕度密度、8個樣

點屬於二級中度密度，7 個樣點屬三級中高度密度，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及週邊海岸林，且密度級數較 4 月有上升趨勢，而在樣區中部的車道周邊有零星黃狂蟻分布，分布範圍距離港口長約 1200 公尺。另外誘集到其他 7 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 3 種外來入侵螞蟻。

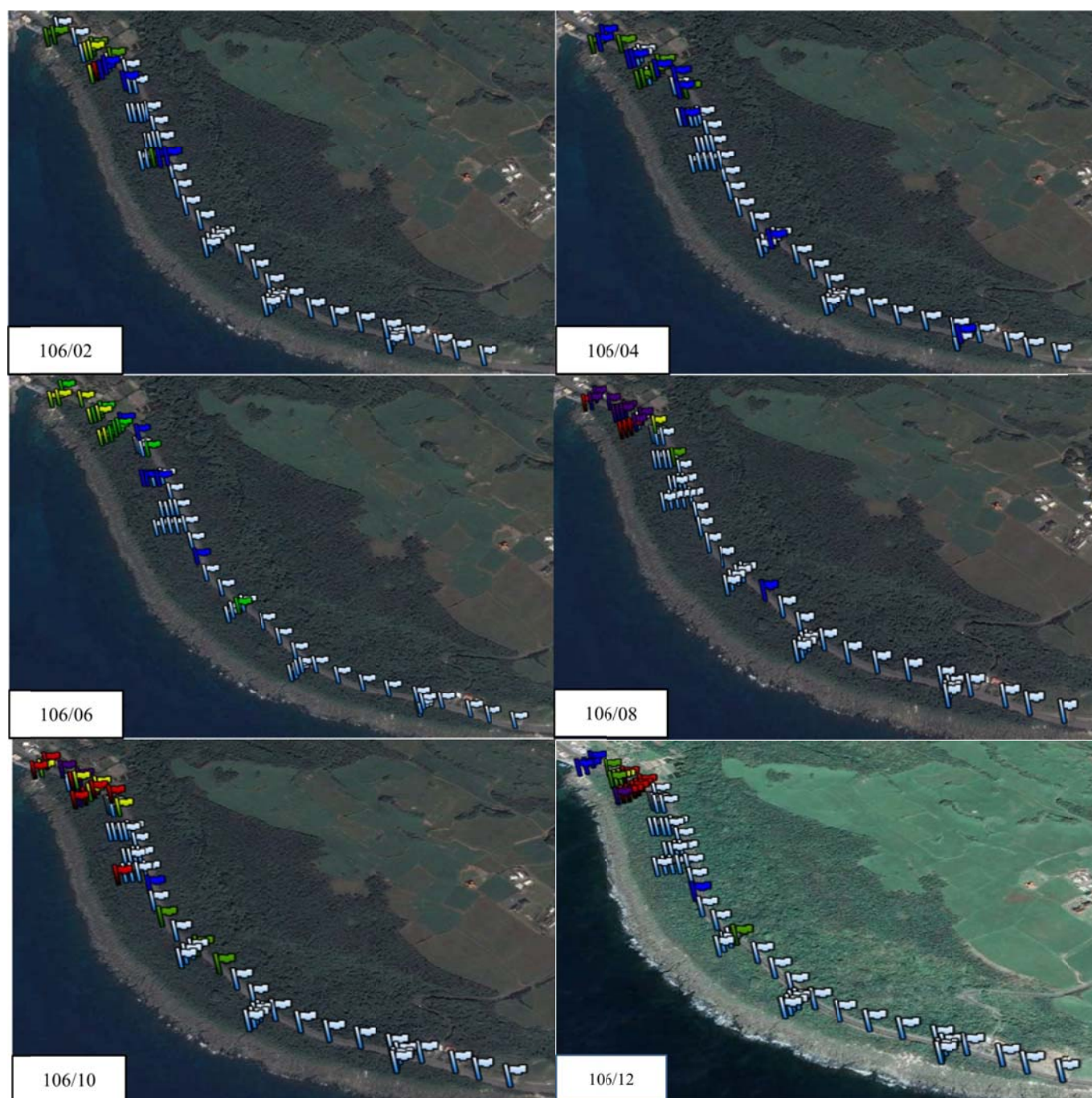
八月份有 16 個樣點發現黃狂蟻，其中 1 個樣點屬於一級輕度密度、1 個樣點屬於二級中度密度、1 個樣點屬三級中高度密度、4 個屬於四級高度密度，9 個屬於五級嚴重密度，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及週邊海岸林，且大多數達到嚴重密度等級，而在樣區中部的車道周邊有零星黃狂蟻分布，範圍距離港口長約 1200 公尺。另外誘集到其他 9 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻等 3 種外來入侵螞蟻。

十月份有 20 個樣點發現黃狂蟻，其中 1 個樣點屬於一級輕度密度、3 個樣點屬於二級中度密度、5 個樣點屬三級中高度密度、8 個屬於四級高度密度，3 個屬於五級嚴重密度，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊的車道及週邊海岸林，且大多數達到高度及嚴重密度等級，而在樣區中部的車道周邊有零星黃狂蟻分布，分布範圍距離港口長約 1200 公尺。另外誘集到其他 8 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及花居單家蟻等 3 種外來入侵螞蟻。

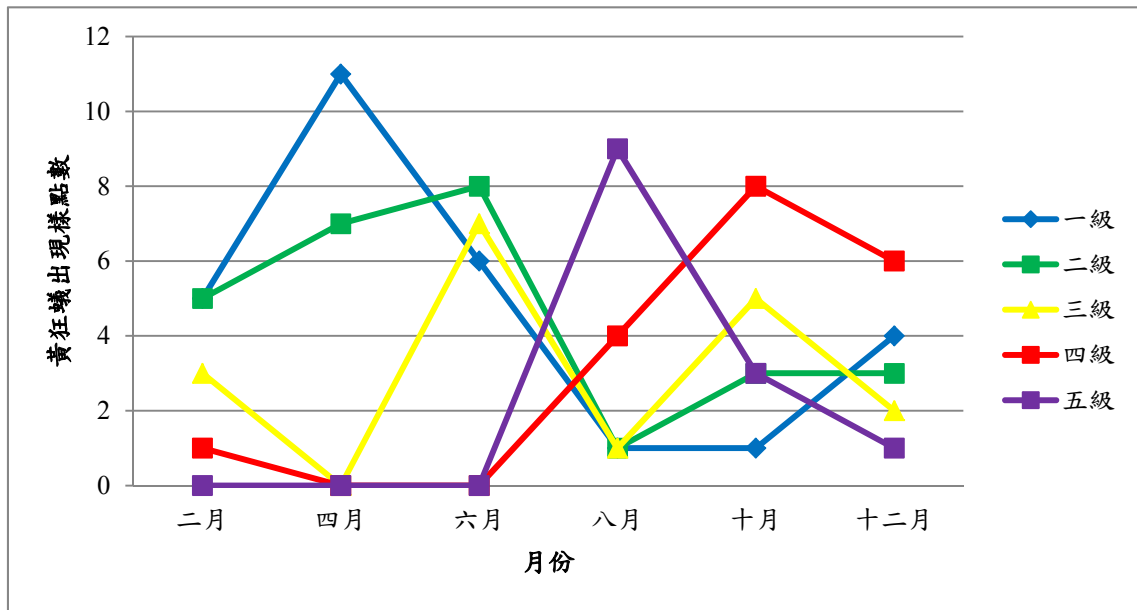
十二月份有 16 個樣點發現長腳捷山蟻，其中 4 個樣點屬於一級輕度危害、3 個樣點屬於二級中度危害、2 個樣點屬三級中高度危害、6 個屬於四級高度危害，1 個屬於五級嚴重危害。長腳捷蟻出現地點多位於北邊的外圍車道及北邊的漁港

週邊海岸林。除長腳捷山蟻外，還誘集到其他 9 種螞蟻，其中還有黑頭荒琉璃蟻、花居單家蟻、熱帶火家蟻和長角黃山蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

砂島樣區是目前黃狂蟻分布較多的地區，在目前月份調查的 60 個樣點中，分布均於 20~35% 之間(圖十六)，且這些分布點均有集中於調查點的北區。



圖十五 106 年不同月份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)。



圖十六 106 年不同月份砂島樣區黃狂蟻出現樣點趨勢圖。

4.湧泉區樣區黃狂蟻分布現況

106 年二月湧泉區的 120 個樣點中，有 24 個樣點發現黃狂蟻 (圖十七)，其中 18 個樣點屬於一級輕度密度、6 個樣點屬於二級中度密度，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 500 公尺。除黃狂蟻外，還誘集到其他 16 種螞蟻，其中黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻、熱帶火家蟻及熱帶大頭家蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

四月份有 30 個樣點發現黃狂蟻，其中 13 個樣點屬於一級輕度密度、12 個樣點屬於二級中度密度、4 個樣點屬於三級中高度密度、1 個屬於四級高度密度，密度級數較 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，中部車道也有零星分布，分布路長約 700 公尺，南邊的樣區則無發現黃狂蟻。除黃狂蟻外，還誘集到其他 7 種螞蟻，其中黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻、熱帶火家蟻及熱帶大頭家蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

六月份有 44 個樣點發現黃狂蟻，其中 5 個樣點屬於一級輕度密度、17 個樣點屬於二級中度密度、15 個樣點屬於三級中高度密度、5 個屬於四級高度密度，2 個屬於五級嚴重密度，密度程度較 2、4 月嚴重，黃狂蟻出現地點多位於樣區北邊湧泉區週邊農田，並沿著車道周邊延伸約 800 公尺。另外誘集到其他 12 種螞蟻，其中黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻、熱帶火家蟻、及熱帶大頭家蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

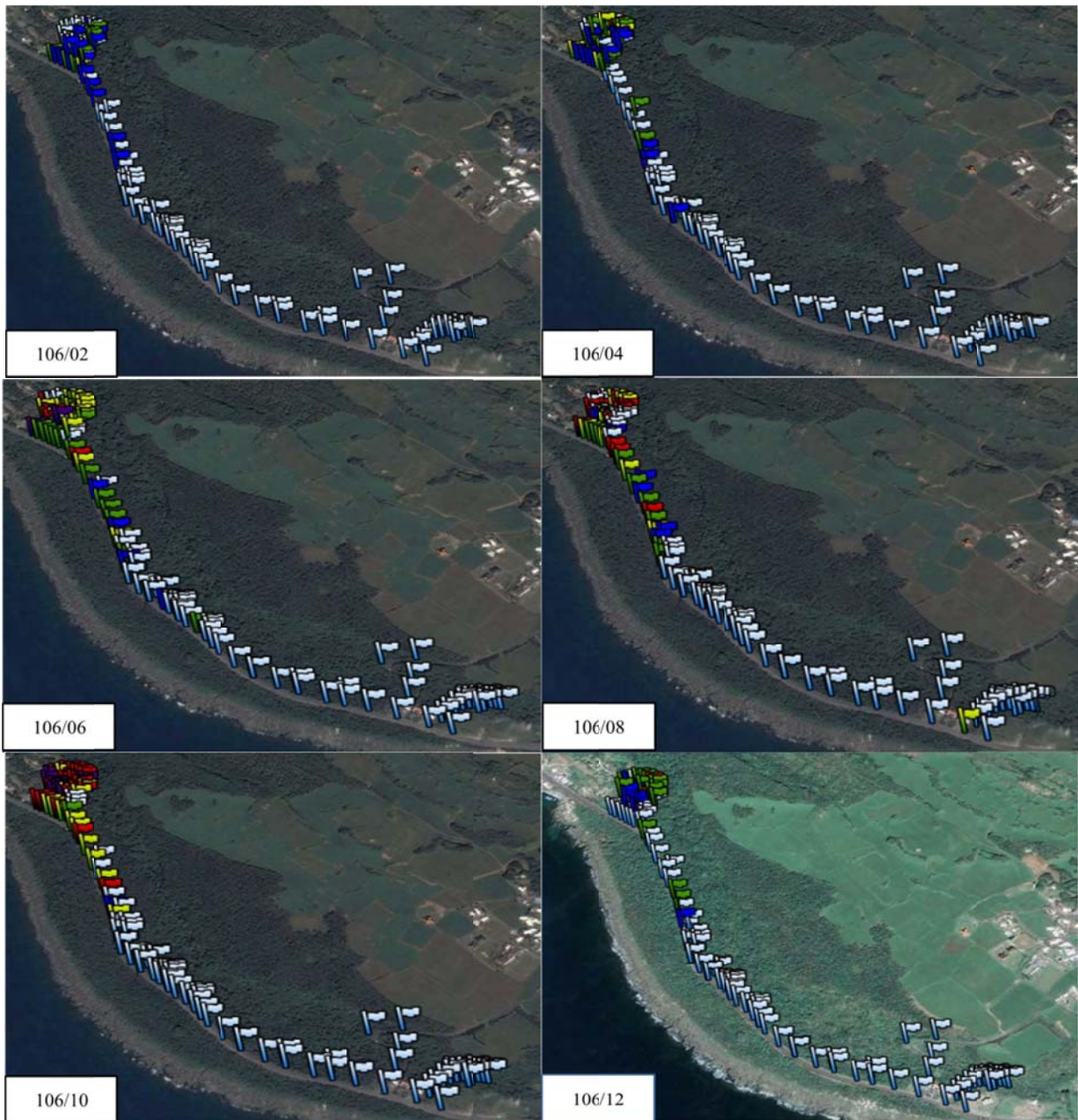
八月份有 47 個樣點發現黃狂蟻，其中 9 個樣點屬於一級輕度密度、10 個樣點屬於二級中度密度、12 個樣點屬於三級中高度密度、14 個屬於四級高度密度，2 個屬於五級嚴重密度，黃狂蟻出現地點多位於樣區北部的湧泉區週邊農田，沿著車道周邊延伸約 600 公尺長，並以農田周邊最為嚴重。而在樣區最南邊有一個樣點出現黃狂蟻，呈中度密度。另外誘集到其他 11 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻及熱帶火家蟻等 3 種外來入侵螞蟻。

十月份有 50 個樣點發現黃狂蟻，其中 1 個樣點屬於一級輕度密度、1 個樣點屬於二級中度密度、13 個樣點屬於三級中高度密度、22 個屬於四級高度密度，13 個屬於五級嚴重密度。黃狂蟻出現地點多位於樣區北部的湧泉區週邊農田，並沿著車道周邊延伸約 600 公尺，並以農田周邊最為嚴重，有多達 35 個樣區達到高度或嚴重密度。另外誘集到其他 11 種螞蟻，包含黑頭慌琉璃蟻、長角黃山蟻、花居單家蟻及熱帶火家蟻等 4 種外來入侵螞蟻。

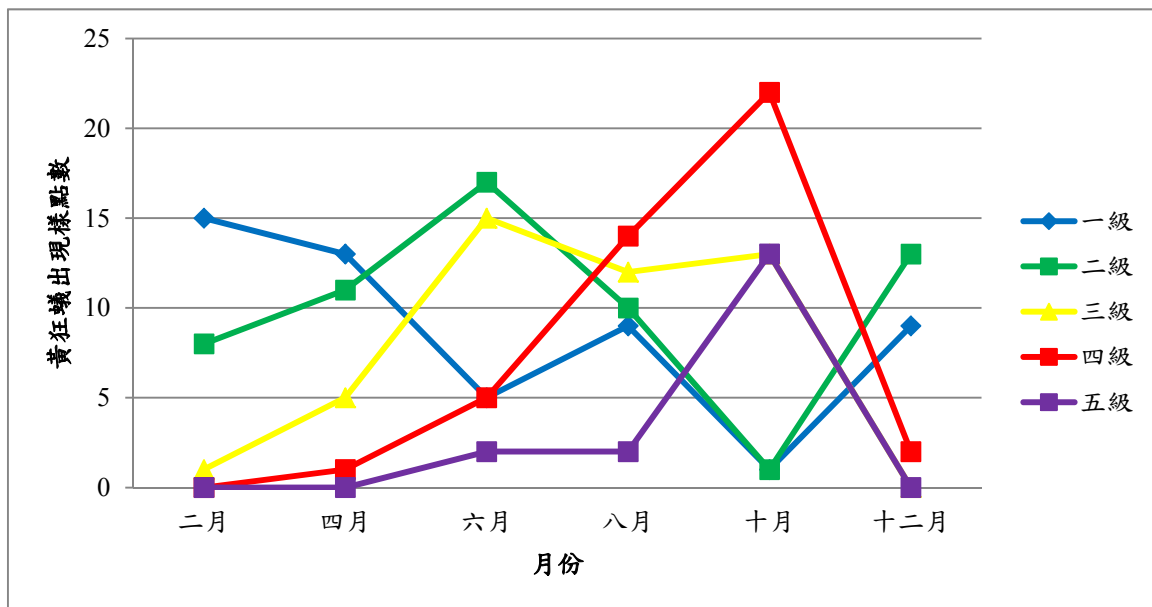
十二月份有 24 個樣點發現長腳捷山蟻，其中 9 個樣點屬於一級輕度危害、13 個樣點屬於二級中度危害，2 個樣點屬於四級高度危害。長腳捷蟻出現地點

多位於北邊的車道及北邊的湧泉區週邊農田。除長腳捷山蟻外，還誘集到其他 6 種螞蟻，其中還有黑頭荒琉璃蟻、長角黃山蟻等 2 種外來入侵螞蟻。

湧泉區樣區是目前黃狂蟻分布最多的地區，在目前個月份調查的 120 個樣點顯示分布均於 20~42%之間(圖十八)，且這些分布點均有集中於調查點的北區。



圖十七 106 年不同月份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)。



圖十八 106 年不同月份湧泉區樣區黃狂蟻出現樣點趨勢圖。

四、黃狂蟻取食偏好調查

測試以葵花油、鮭魚、奶油、花生醬、10% (w/v) 的蔗糖水和 10% (w/v) 蜂蜜水等 6 種食材測試黃狂蟻的食性偏好。實驗方法為將上述 6 種食材約 20ml 分別放置於培養皿中，並將其放於約 500 隻黃狂蟻的蟻巢周邊，並用縮時攝影機每分鐘記錄一次黃狂蟻的取食狀況，時間 60 分鐘 (n = 6)。黃狂蟻對於 6 種誘餌的取食偏好如表三所示，使用變異數分析 (One-way ANOVA, Dunn's post hoc test) 發現黃狂蟻對 10% (w/v) 蔗糖水與 10% (w/v) 蜂蜜水相較於其他誘餌配方，有明顯較高的取食量 ($p < 0.05$)，利用 10% (w/v) 蔗糖水為防治餌劑基底的最佳配方。

五、香蕉灣樣區使用誘餌防治黃狂蟻初期試驗

本研究於 9 月在香蕉灣樣區中用濃度 3% 硼砂混合 10% 糖水進行黃狂蟻防治

測試，試驗地點為香蕉灣樣區中黃狂蟻密度較多的 10 個點(圖十九)，多位於樣區南邊靠近港口的周邊車道和海岸林，實驗方法為在樣區中施放兩管各 50 毫升的誘餌，並將誘餌台放置於網盒中避免陸蟹誤食 (圖二十)，防治時間為一天 (24 小時)。並於完成 10 月的調查後進行 8 月和 10 月份黃狂蟻數量的比較。

8 月份的黃狂蟻數量和防治後的 10 月數量如表四所示，雖在 10 個防治樣點中有 4 個防治樣點誘引到的黃狂蟻數量上升，有 6 個防治樣點誘引到的黃狂蟻數量下降，但由 Wilcoxon signed-rank test 進行防治前後密度與程度變化的統計分析結果，無明顯差異 ($p > 0.05$)。此防治結果應該是因為此次測試僅處理 10 個採樣點，且雖有約超過半數樣點黃狂蟻數量有降低，但因偵測時間與防治時間約間隔一個月，因此會有此分析較不顯著的結果。

表三、黃狂蟻對於 6 種誘餌的平均每分鐘取食個體平均數 (n=6)

誘餌種類	取食螞蟻個體平均數(每分鐘)
鮭魚	0.31 ± 0.07 ^a
10% (w/v) 蔗糖水	3.55 ± 0.24 ^b
葵花油	0.05 ± 0.03 ^a
奶油	0.14 ± 0.05 ^a
10% (w/v) 蜂蜜水	4.34 ± 0.36 ^b
花生醬	0.09 ± 0.04 ^a

* One-way ANOVA, Dunn's post hoc test ($p < 0.05$).



圖十九 106 年 9 月香蕉灣黃狂蟻餌劑防治樣點分布(10 個樣點)。



圖二十 黃狂蟻防治工具 (左：防治所需工具與誘餌；右：誘餌放置樣貌)。

表四、墾丁香蕉灣樣區防治前和防治後的黃狂蟻個體數量

樣點編號	八月黃狂蟻數量 (防治前)	十月黃狂蟻數量 (防治後)
13	37	104
14	22	9
15	18	0
16	12	5
17	7	0
56	12	8
57	4	15
58	8	19
59	20	9
60	54	20

本研究並於 106 年十一月進行香蕉灣地區再度進行一次加強防治液態餌劑作業，本次防治區域主要在台 26 線香蕉灣路段道路邊緣與海岸林交界中，在 106 年二月至十月的監測中調查到的黃狂蟻高密度區域。本次防治共放置 100 個餌台（圖二十一），包含 80 個地上型餌台和 20 個樹上型餌台（圖二十二），並在餌台中放入濃度 3% 硼酸混合 10% 蔗糖溶液 50 毫升，防治方式為放置餌台後 48 小時回收餌台。此次防治作業初步成果發現所設置的 100 個防治餌站於 30 分鐘、12 小時及 24 小時，均超過 80% 餌站台有黃狂蟻覓食，24 小時約覓食 25~40 毫升防治液態餌劑。比較防治樣點黃狂蟻防治前與防治後的密度與危害程度變化再評估防治成效，此次香蕉灣地區加強防治餌劑防治作業有一定程度的防治成效，十二月份定期性黃狂蟻偵測調查後，發現明顯高密度級數(第 4 級及第 5 級)有明顯減少至 0，可證明餌劑防治對於高密度地點有效果，但在十二月份定期性黃狂蟻偵測調查點中仍有 17 個有偵測到黃狂蟻，佔比例 27.9%，且第 3 級仍有 6 個調查點，顯示仍須要持續進行防治。



圖二十一 106 年十一月香蕉灣黃狂蟻餌劑防治樣點分布 (100 個防治點)。



圖二十二 黃狂蟻防治用地上型誘餌 (左) 和樹上型誘餌 (右)。

第五章、結論與建議

結論

1. 於 106 年二月、四月、六月、八月、十月及十二月所完成 6 次四個黃狂蟻監測調查樣區共記錄有 22 種螞蟻種類，螞蟻種類數以湧泉區種類最多發現有 19 種螞蟻，其次是砂島的 14 種及香蕉灣的 13 種與後灣的 11 種。
2. 在目前所調查的螞蟻種類，其中有 5 種螞蟻（包括黃狂蟻）為被全球入侵種資料庫 (GISD) 列為外來入侵生物，這 5 個螞蟻種類分別是黃狂蟻 (*Anoplolepis gracilipes*)、黑頭慌琉璃蟻 (*Tapinoma melanocephalum*)、長角黃山蟻 (*Paratrechina longicornis*)、熱帶火家蟻 (*Solenopsis geminata*) 及熱帶大頭家蟻 (*Pheidole megacephala*)。在四個樣區各月份中，除八月的後灣樣區沒有黃狂蟻出現，黃狂蟻於每個調查月份與調查樣區中均有出現。
3. 106 年各月份在四個調查樣區的黃狂蟻調查結果顯示，四個樣區的黃狂蟻分布自二月至十月間有逐月上升的趨勢，由二月份的 16.9% 逐漸攀升到十月份的 29.1%，有 88 採樣點有黃狂蟻的出現，但於十二月份則明顯下降至 19.2%，剩 58 採樣點有黃狂蟻的出現。
4. 砂島樣區與湧泉區的黃狂蟻分布程度較為嚴重，各月份均有 20% 以上的採樣點發現到黃狂蟻。湧泉區是目前黃狂蟻的分布最廣與密度最嚴重的區域，每個調查月份均有超過 20% 以上的調查樣點有黃狂蟻出現，十月份的 50 個採樣點發現黃狂蟻 (41.7%) 最高，最低為二月有 24 個樣點 (20.0%)，且有些到調查樣點黃狂蟻的數量已屬於中高度或高度密度程度。砂島地區則是黃狂蟻

的分布較廣與密度第二嚴重的區域，六月份的 21 個採樣點 (34.4%)最高，最低為二月有 14 個採樣點(23.0%)，許多調查樣點屬於中高度或高度密度程度。

5. 後灣地區各月份的黃狂蟻分布較少，二月至八月皆只有 0 至 1 個樣點 (0 ~ 1.7%)發現到黃狂蟻，而在十月份提高至 5 個樣點 (8.33%)。
6. 以目前所調查結果呈現，人為干擾較為頻繁的地區 (漁港、農舍、農地等) 也是黃狂蟻分布與密度較高的區域，未來應就此人為干擾現象做進一步的分析討論。
7. 若以螞蟻的群聚結構對墾丁地區四個調查樣區與聖誕島做比較，聖誕島為海島型棲地環境中螞蟻群聚結構所容納的螞蟻數量大約是 20-30 種之間，因其屬於環境干擾性較大的海島環境，故螞蟻種類與數量起伏較大，整體螞蟻數量不像台灣多樣且豐富。墾丁地區螞蟻象群聚結構螞蟻種類超過百種，目前所調查四個調查樣區的鄰近海岸環境約 60 種螞蟻分布，以餌約可誘引到 22 種螞蟻，其原本環境中螞蟻群聚結構可達平衡，但人類活動干擾破壞了此平衡，黃狂蟻隨人進來後的環境中其他螞蟻剩 2-3 種。級數 1-2 會有其他螞蟻與黃狂蟻競爭，3-5 級以上黃狂蟻的蟻海戰術，使其他螞蟻便無法與其競爭，黃狂蟻形成超級群落為其優勢所在。
8. 黃狂蟻取食偏測試，發現黃狂蟻對 10% (w/v)蔗糖水與 10% (w/v)蜂蜜水有高於其他配方的誘引力，將以 10% (w/v) 蔗糖水為防治餌劑基底的配方。
9. 九月份使用 3%硼砂混合 10% 糖水誘餌防治黃狂蟻，於香蕉灣樣區 10 個防

治樣點初期試驗結果顯示，防治後黃狂蟻數量有下降趨勢但結果並沒有顯著的防治成效。十一月再度進行一次加強防治黃狂蟻 (3%硼砂混合 10% 糖水液態餌劑)，於香蕉灣樣區中共放置 100 個餌台此次香蕉灣地區加強防治餌劑防治作業的防治成效。十二月份定期性黃狂蟻偵測調查後，發現明顯高密度級數 (第 4 級及第 5 級)有明顯減少至 0，可證明餌劑防治對於高密度地點有效果。

10. 於八月份與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。在由護蟹義工的調查結果發現明顯的「蟻殺」的記錄，並與劉烘昌博士對於黃狂蟻與陸蟹的討論瞭解下，認為黃狂蟻對於墾丁的陸蟹生存有著極大的威脅，是應該儘速的降低黃狂蟻的族群密度。

建議一

持續調查黃狂蟻於墾丁國家公園分布與密度現象，並於主要陸蟹分布熱區(香蕉灣、砂島及湧泉區) 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，適度可增加調查區域的數量與範圍 (如佳樂水港口地區)，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，這也是目前保育陸蟹重要的地點。
3. 在今年密度調查中顯示黃狂蟻在墾丁地區 (香蕉灣、砂島、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，因此建議須立即進行防治的作業。
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

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"> 1. 黃狂蟻何時入侵台灣？何時出現於墾丁陸蟹區？ 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？ 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。 4. 危害等級之分級是自創或是引用文獻？ 5. 建議之誘集方法或防治方法是亞澳洲常用的方法？ 6. 在原產地的天敵為何？也請蒐集資訊。 7. 可以藉陸蟹屍體判別此蟻的危害？ 8. 請注意此區黃狂蟻是單蟻后或多蟻后族群？ 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 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。 3. 對於當地原生植物、農作物及原生動物的影響需再評估。 4. 誘集方法與危害等級引用自其他防治文獻。 5. 黃狂蟻原產地為非洲，但原產地的天敵不明。 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。 7. 台灣地區的黃狂蟻族群都是多蟻后。
顏聖紘委員	<ol style="list-style-type: none"> 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螞蟻群？ 2. 報告中應多增加長腳捷蟻的 	<ol style="list-style-type: none"> 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。

	<p>食性資料。</p> <p>3. 聖誕島的海島地形和墾丁地區不同，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>	<p>2. 長腳捷蟻為雜食性的物種，較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>1. 液態餌站之規劃設置，建議未來能以示意圖呈現。</p> <p>2. 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>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>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>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「營建署相關資料格式建置」。</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>2. 陸蟹樣區的選擇，港口以及溪仔口至出風鼻段為何沒有？</p> <p>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？</p> <p>4. 黃狂蟻的活動降低超過90%？(是否等同族群量降低90%)</p> <p>5. 樣區穿越(樣)線型式？溫度紀錄的分析？</p> <p>6. 陸蟹活動時間與黃狂蟻不同，如何觀察到互動。</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> <p>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、兩個湧泉區及後灣遊憩一的海岸林)為主。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>

期中報告評審會議紀錄 (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"> 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？ 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？ 3. 黃狂蟻對陸蟹活體及受傷或衰弱個體攻擊否不同？ 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？ 5. 注意芬普尼對於其他原生蟻類的影響。 6. 所用液態調查或液態藥劑防治如何持續提供水分？ 7. 附近民眾是否反映此蟻會造成生活上的騷擾？ 8. 為何湧泉區蟻種及黃狂蟻較多？原因請說明。 9. 入侵種還是需要做處理，本案處於風險評估階段。 10. 黃狂蟻對於其他生物的影響及關係再請多觀察著墨。 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 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。 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。 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。
顏聖紘委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 危害級數是如何建立的？數據分布為何？ 2. 墾丁國家公園東岸部分是否沒有種螞蟻？例如佳樂水？ 3. 需要擬定防治策略嗎？例如推廣到農家？與各鄉鎮？ 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。 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 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。 3. 目前估算數量以呈現密度狀

		<p>況。</p> <p>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。</p>
陳玄武委員	<p>1. 請問團隊下半年的工作期程。</p> <p>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？</p> <p>3. 危害級數可改為數量級數，因未知其危害程度。</p> <p>4. 建議將港口地區列入調查，至少執行初步資料蒐集。</p>	<p>1. 下半年仍維持調查並加上九月份防治測試。</p> <p>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。</p> <p>3. 會後與承辦討論港口調查的可行性。</p>
陳信宏技士	<p>1. 管處亦有黃狂蟻出現，且有上樹情形，請教其嚴重程度。</p> <p>2. 黃狂蟻是否有天敵，石龍子或兩爬等？</p>	<p>除穿山甲、鳥和蜥蜴為天敵，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。</p>
董于瑄技士	<p>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。</p> <p>2. 剛老師提到聖誕島最高密度可達 2000/m² 多隻，請問級距是否換算成墾丁這邊的黃狂蟻的密度。</p>	<p>1. 九月防治會看黃狂蟻及原生螞蟻種類變化狀況。</p> <p>2. 將再換算數據。</p>
郭筱清技士	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>
謝桂禎約聘	<p>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)</p>	<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</p>

		察，是否為取食且影響則未知。
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"> 1. 採集工蟻 500 隻做實驗，請問實際採集數量。 2. 採集工蟻為自然環境還是人工環境封閉觀察。 3. 食物偏好設置是分開設置還是擺在一起。 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。 5. P.1 第 1 行「近年發現」是那一年？請說明。 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。 7. P.7 倒數第 5 行「前人研究顯示」，宜敘明何人研究。 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。 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 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 採蟻巢回研究室各重複試驗各挑出 500 隻工蟻進行。 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。 3. 感謝指導，將進行修正補充。

	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"> 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。 2. 是否需要防治，何時進行？再請老師說明。 3. 調查過程中是否看到黃狂蟻對其他生物攻擊。 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。 5. 餌劑是否可針對蛋白質去做研發？ 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 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。 3. 有觀察到黃狂蟻攻擊捕食其他生物。 4. 餌劑的確是朝向黃狂蟻喜好度設計。

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

期末報告審查會議紀錄

開會日期：中華民國 106 年 12 月 6 日下午 1 時

開會地點：墾丁國家公園管理處大型會議室

主持人：劉培東處長

記錄：郭筱清

出席單位及人員：詳簽到表

主席致辭：感謝委員前來協助審查工作。依程序進行，請團隊先進行簡報。

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
<p>楊平世委員 (書面意見)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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？ 2. 區域進行黃狂蟻防治，由於係利用化學藥劑，宜評估對其他蟻類，尤其是本土蟻種之潛在影響。 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。 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。 	<ol style="list-style-type: none"> 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，故螞蟻數量起起伏伏，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。 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。 3. 與劉烘昌博士有許多討論，認為其兩者關聯性高。 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。
馬協群委員	之所以選擇樹上防治餌站，而不是地面上餌站的原因為何？	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。
程建中委員	<ol style="list-style-type: none"> 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？ 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？ 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。 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 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群數量較大時(超級群落)仍有遭受疾病的發聲。 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。
劉培東處長	<ol style="list-style-type: none"> 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。 2. 請將楊平世老師所提意見於 	<ol style="list-style-type: none"> 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

	<p>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。</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. 既然有超級群落為何不採取直接攻擊蟻巢之策略？ 4. 餌劑硼酸濃度如何設定？ 5. 是否需復育穿山甲抑制黃狂蟻？ 6. 請團隊協助接續進行防治工作及在地志工訓練。 	<p>生存造成嚴重的威脅，因此建議須立即進行防治的作業。</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 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。 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。 5. 將訓練當地義工來協助黃狂蟻防治工作。
<p>王弘毅技佐 (書面意見)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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。 2. 防治前後比較，或可用密度等級來加以比較。 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 2. 防治前與防治後的數據，會是防治成效重要比較的依據。

會議結論：1.請團隊依各方建議納入參採。

2.本案期末報告原則通過，同意備查。

散會時間：106年12月6日下午14時20分

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、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. *Insectes Soc.* 52: 266–273.
- Abbott KL, Green PT. 2007. Collapse of an ant-scale mutualism in a rainforest on Christmas Island. *Oikos*. 116: 1238–1246.
- 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. *Insectes 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.
- Chong KF, Lee CY. 2009a. Evaluation of liquid baits against field populations of the longlegged ant, *Anoplolepis gracilipes* (Fr. Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *J.Econ. Entomol.* 102: 1586-1590.
- Chong KF, Lee CY. 2009b. Influences of temperature, relative humidity and light intensity on the foraging activity of field populations of the longlegged ant, *Anoplolepis gracilipes* (Fr. Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 54: 531 - 539.
- 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.
- 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.
- Forschler, B. T. & G. Evans. 1994. Perimeter treatment strategy using containerized baits to manage Argentine ants, *Linepithema humile* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae). *J. Entomol. Sci.* 29: 265–268.
- 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.

- Greenberg, L., Klotz, J.H., Rust, M.K., 2006. Liquid borate bait for the control of Argentine ant, *Linepithema humile* in organic citrus (Hymenoptera: Formicidae). Fla. Entomol. 89, 469-474.
- 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.
- 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.
- Klotz JH, Oi DH, Vail KM, Williams DF. 1996. Laboratory evaluation of a boric acid liquid bait on colonies of *Tapinoma melanocephalum*, Argentine ants and Pharaoh ants (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. Entomol.* 89: 673-677.
- Klotz JH, Vail KM, Williams DF. 1997b. Toxicity of a boric acid-sucrose water bait to *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. Entomol.* 90: 488-491.
- Klotz JH, Vail KM, Williams DF. 1997a. Liquid boric acid for control of structural infestations of Pharaoh ants (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. Entomol.* 90: 523-526.
- Klotz JH, Greenberg L, Venn E. C. 1998. Liquid boric acid bait for control of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). *J. Econ. Entomol.* 91: 910-914.
- Lee CY. 2008. Sucrose bait base preference of selected urban pest ants (Hymenoptera:

- Formicidae). pp. 59-63. *In*: Proceedings of the Sixth International Conference on Urban Pests (W.H. Robinson & D. Bajomi, eds.). OOK-Press Kft, Budapest, Hungary.
- Lee CY. 2009. Feeding and foraging behaviour of tropical urban pest ants. *SP World* 37: 9 -12.
- 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.
- Loke PY, Lee CY. 2004. Foraging behavior of field populations of the big-headed ant, *Pheidole megacephala* (Fabricius) (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 43: 211 – 219.
- 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.
- 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: 812-17.
- 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.
- Wetterer JK. 2005. Worldwide distribution and potential spread of the long-legged ant, *Anoplolepis gracilipes* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobio.* 45: 77-97.
- Wheeler, W. M. 1909. Ants of Formosa and the Philippines. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 26: 333-345.
- Wittenborn D, Jeschke JM. 2011. Characteristics of exotic ants in North America. *NeoBiota* 10: 47-64.