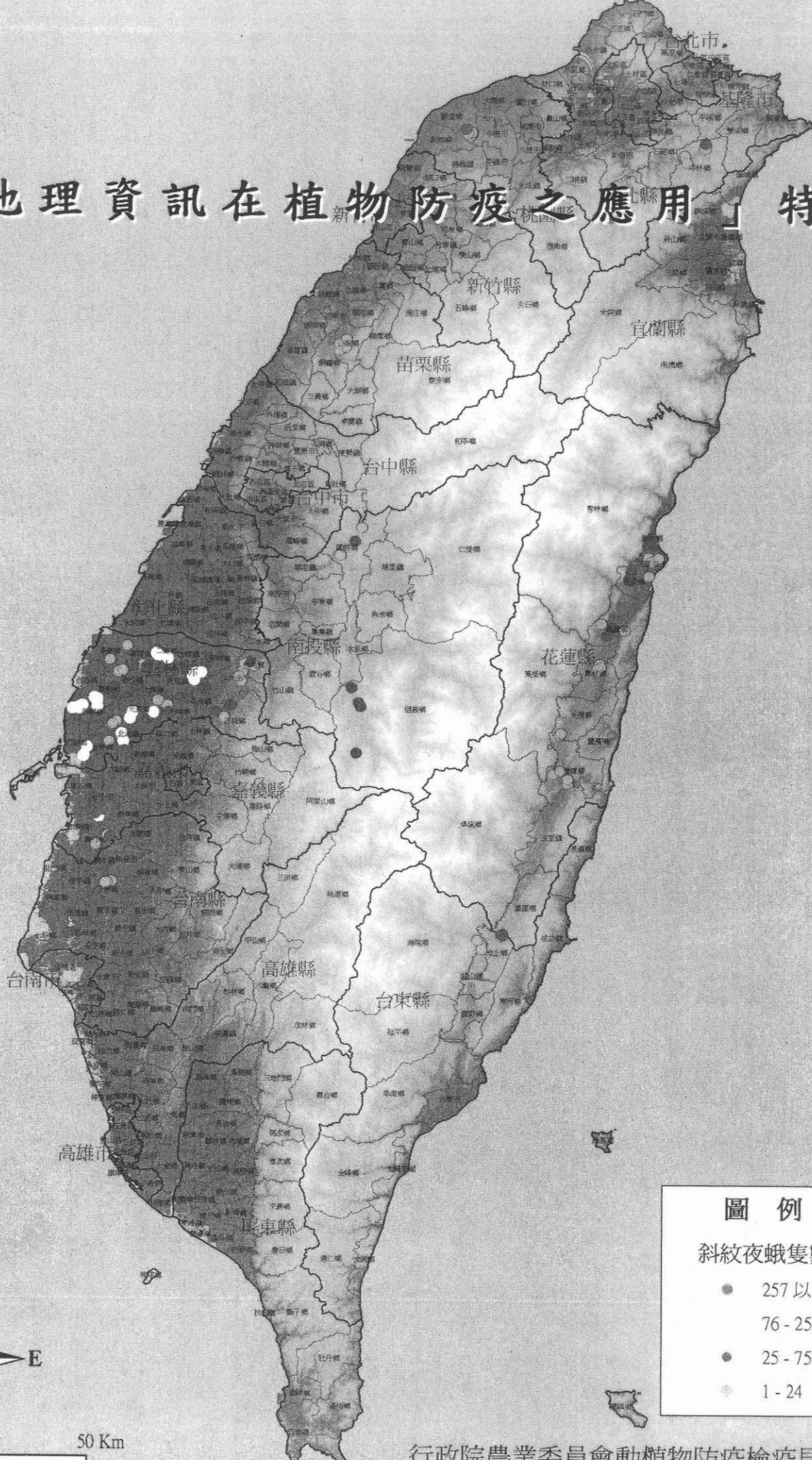


# 「地理資訊在植物防疫之應用」特刊



圖例	
斜紋夜蛾隻數	
●	257 以上
●	76 - 256
●	25 - 75
●	1 - 24

## GIS 與 GPS 於嘉義地區入侵紅火蟻監測調查上的應用

黃莉欣<sup>1</sup>、尹建盛<sup>2</sup>、陳昇寬<sup>3</sup>、林明瑩<sup>4</sup>、黃守宏<sup>5</sup>、蘇文瀛<sup>6</sup>

### 一、前言

入侵紅火蟻(red imported fire ant, *Solenopsis invicta*，以下簡稱紅火蟻)原分布於南美洲巴拉那河流域，其蟻群分工細密，喜群聚且好攻擊，除對棲地環境之生物相具有威脅性外，也由於紅火蟻的毒液中含有毒蛋白，民眾若被叮咬會產生紅腫泡膿的過敏現象，體質過敏者可能引起休克，甚至有致死的危險。該蟻於 1929 年入侵美國南方，造成美國農業與環境安全上的問題。由於紅火蟻在美國的發生範圍相當廣泛，其防治目標以降低危害程度為主，並未採取撲滅的防治措施。2001 年該蟻於紐西蘭邊境發現，立即採取撲滅措施，目前已宣布撲滅。澳洲也於 2001 年 2 月於布里斯班市(Brisbane)發現，6 月則在昆士蘭省成立火蟻防治中心，推動 6 年撲滅計畫，迄今防治成效良好。92 年 10 月行政院農業委員會動植物防疫檢疫局(以下簡稱防檢局)於桃園與嘉義地區發現疑似

---

<sup>1</sup> 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所助理研究員

<sup>2</sup> 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所助理

<sup>3</sup> 行政院農業委員會台南區農業改良場助理研究員

<sup>4</sup> 行政院農業委員會台南區農業改良場助理研究員

<sup>5</sup> 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所助理研究員

<sup>6</sup> 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所組長

紅火蟻入侵農地案例，經國立臺灣大學昆蟲學系鑑定確認。之後，陸續有民眾被紅火蟻叮咬，引起社會各界的注意。由於紅火蟻剛侵入臺灣，國內對其認知相當有限，危及範圍也無法確知，防檢局旋即展開全國性調查、確立防治方法、緊急採購防治藥劑，並積極推動跨部會相關防治工作。在臺灣大學等校及農業試驗改良場所之專家學者協助下，藉由地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)及衛星定位系統(Global Position System, GPS)為輔助工具，來了解紅火蟻發生分布的範圍，並劃定限制區域(restricted area)，以圍剿防治方式，進行撲滅計畫及評估撲滅的成效。

## 二、應用 GIS 時之基本資料

地理資訊系統顧名思義是由地理、資訊、系統三者結合而成。地理就是在空間上的相對位置，將空間資料經數位化處理後，儲存於電腦資料庫中，即是資訊，再將空間資料與電腦硬、軟體結合，進行編修、擷取、展示及分析等形成一個系統。因此，GIS 涵蓋二類資料，即空間資料及屬性資料。空間資料依主題需求可套疊不同的圖層如行政區、道路、土地利用、植被、水系、等高線等，再與不同的屬性資料聯結，可提供作為全方位決策的重要資訊。

紅火蟻屬土棲性的昆蟲，其擴散方式有主動及被動二種，主動擴散是紅火蟻的生物特性之一，蟻后及雄蟻於交尾時，會飛到 90-300 公尺高的空中進行交配，交尾後的雌蟻可以飛行 3-5 公里再降落另築新巢。新形成的蟻巢經 3-9 個月後

會出現土壤堆出高約 10-30 公分的成熟蟻丘，另外，紅火蟻也會以土壤堆出明顯的覓食蟻道，這些蟻道可拓展至距蟻丘 10-100 公尺以外的區域，以利覓食。被動擴散即人為的擴散，主要藉由園藝植栽、土壤廢土移動、堆肥、園藝農耕機具設備等方式。因此，為了有效地控制紅火蟻的發生與擴散，確實掌握紅火蟻的發生範圍及其擴散速率是必需蒐集的重要資訊。近幾年因 GIS 的發展及應用，提供紅火蟻空間分布調查最佳的工具。

應用 GIS 於嘉義地區紅火蟻的定界調查及防治效果評估工作時所使用的空間資料有嘉義縣水上鄉及中埔鄉的電子地圖及空照圖二種圖層，再藉由 GPS 取得紅火蟻發生點的地理座標，依不同發現時間，以不同顏色套疊於所需的地圖上，以顯示紅火蟻在嘉義地區空間與時間的分布情形。由於防治所經路線主要是產業道路、農田及田埂，而目前所用電子地圖無法有效提供調查現地之地形與地貌，為了調查之方便性及防治區域與調查範圍之劃定，故選擇空照圖為基本工作底圖，以便區分各種明顯之標的物及作為調查及劃定範圍時的參考依據。

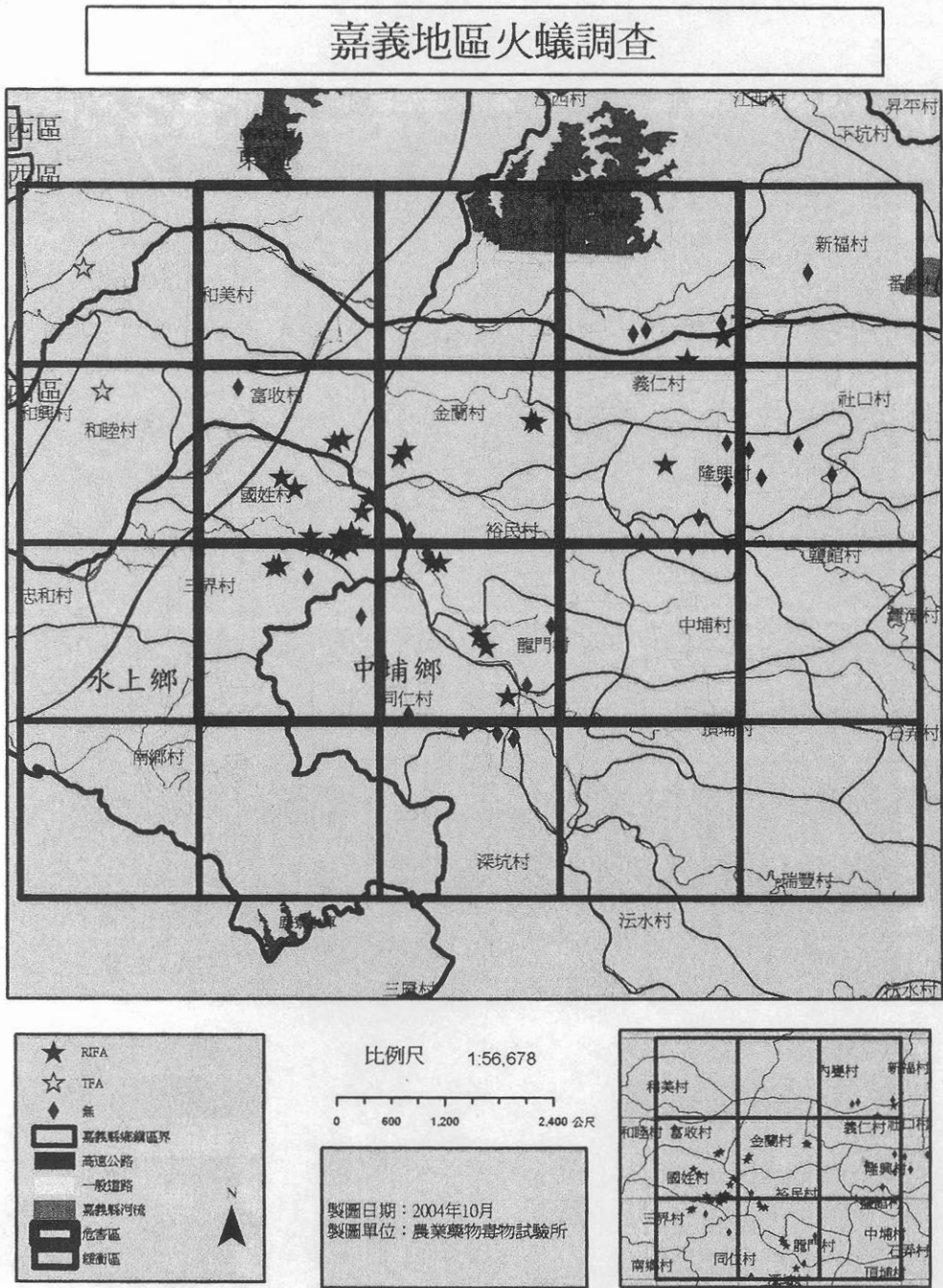
空照圖只是一般影像檔案，呈現地景的狀態，並未經數位化處理的圖層，其缺少了 GIS 所定義的空間查詢、屬性查詢、變遷研究、最佳路徑尋找、空間分布之分析及預測模擬之功能，未來必須建置所需屬性資料及圖層之工作底圖才能有效運用該資源。

### 三、應用 GIS 於嘉義地區紅火蟻的分布調查及防治範圍的規劃

#### (一)紅火蟻的分布調查

嘉義地區紅火蟻發生範圍初步僅發現於水上鄉及中埔鄉，然而發生範圍尚無法確定，為了進行定界調查，初步先依據台南農改場提供紅火蟻發生的衛星定位資料，套疊水上鄉及中埔鄉之電子地圖，以確定其發生的位置。並於圖幅上套入 2 公里 x 2 公里的方格，以方便規劃定界調查與防治的範圍，並用以估算發生面積。依紅火蟻發生的定位點資料暫定 20 格共 80 平方公里為紅火蟻可能發生的範圍(圖 1)，再進行實際調查，以確定紅火蟻在 80 平方公里內分布的概況。

93 年 10 月中旬開始進行調查，經過幾次的現場調查後，將 20 方格依據發生紅火蟻與否，再劃定感染區 (infested area) 及緩衝區 (buffer zone)，並認定在 2 公里 x 2 公里範圍內只要發現一個點有紅火蟻的發生，該方格即視為感染區。感染區外圍 2 公里 x 2 公里的方格為緩衝區。依據 10 月份調查的定位資料重繪紅火蟻發生區域，劃出感染區有 6 格，共 24 平方公里，緩衝區有 15 格，共 60 平方公里。由於調查範圍廣，且研究人員人力與時間有限，定界調查的目標一直無法完成，僅能藉由農民通報後，由工作小組進行衛星定位與製圖。至 95 年 12 月感染區增加為 12 格，包含的行政區有嘉義市、水上鄉 3 村 (三界村、國姓村、南鄉村)、中埔鄉 9 村 (金蘭村、龍門村、同仁村、隆興村、富收村、義仁村、裕民村、鹽館



村、和美村)及番路鄉內甕村。96 年 4 月新通報點又增加 1 個行政區(中埔鄉頂埔村)，96 年 11 月止嘉義地區紅火蟻發區共有 3 鄉 14 村及嘉義市(圖 2)。

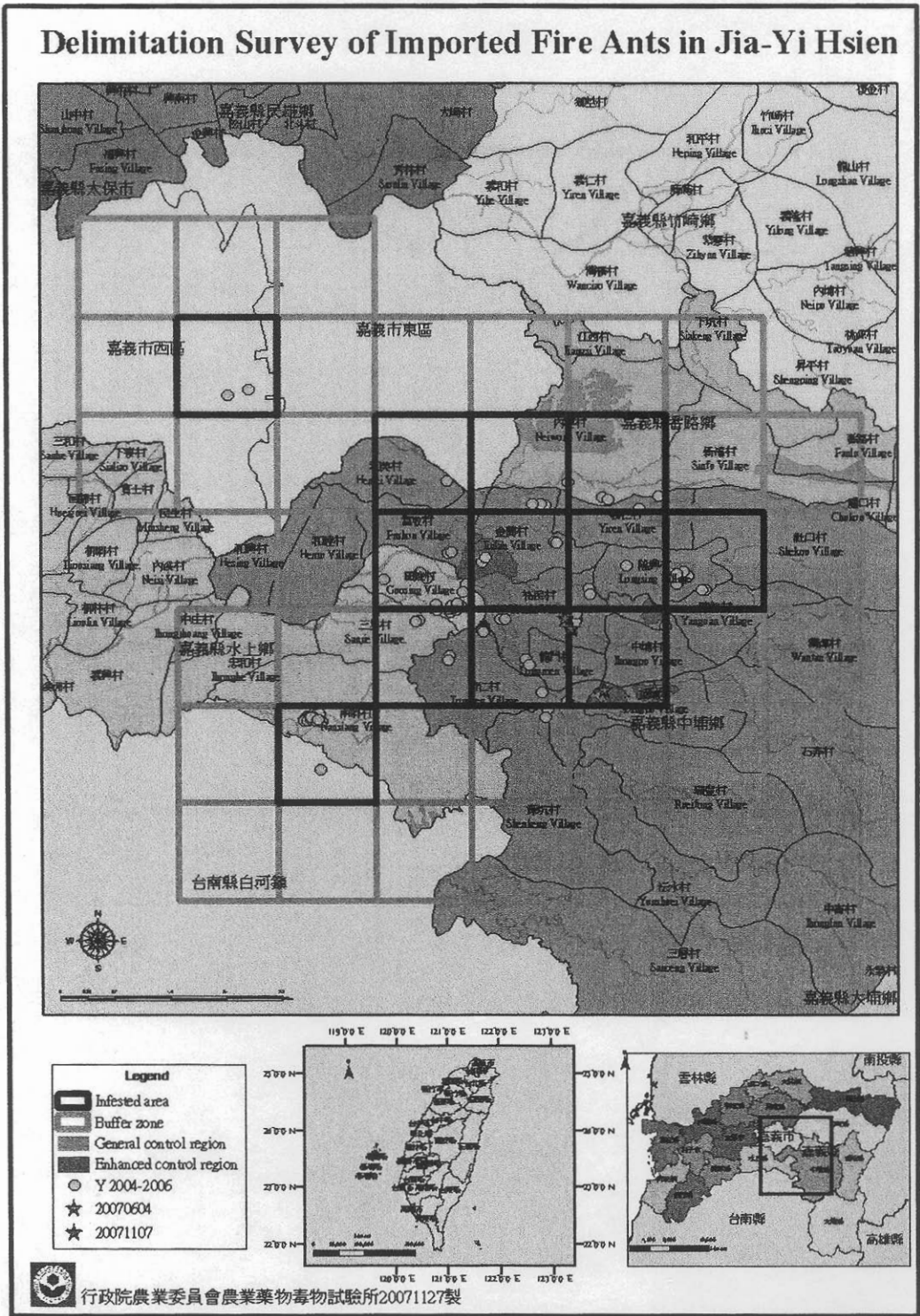


圖 2 96 年 11 月嘉義地區紅火蟻發生區域(紅色線)及緩衝區域(黃色線)。

嘉義地區紅火蟻經 2 年 10 次的施藥防治，防治成效極為良好，僅部分區域零星的發生，此為防治上的死角，也是目前防治績效無法再提高的主要因素。為了確定紅火蟻發生的高低風險區域，先請嘉義縣二鄉農會就其所認定的區域初步劃出高低風險區，再從低風險區優先進行定界調查。監測方法採誘餌誘集法。96 年 2 月及 3 月先於義仁村進行全村調查，全村面積約為 2.8 平方公里，共設置 30 個誘集點，每誘集點均以 GPS 定位記錄其地理座標，以確定誘集點的分布位置(圖 3)。二次調查結果均無捕獲紅火蟻。由於監測區域面積廣大，基於工作小組時間及人力有限情況下，調查區域及誘集點均無法再增加。為了能達到全面性的定界調查，以確定紅火蟻發生區域，以利防治對策之擬定，96 年 6 月遂商請防治隊員協助進行紅火蟻發生區域地毯式的復查工作，復查前先召開說明會，並提供每村空照圖給防治隊員，作為調查路徑的參考，另外，國家紅火蟻防治中心也提供簡易型 GPS，以了解復查的路徑。

由於嘉義地區紅火蟻普查時，GPS 所蒐集的軌跡資料，是呈線段的資料，很難劃定普查的範圍並估計面積。擬將軌跡路徑套疊於空照圖上，若可呈區域者，先估算該區域的普查面積，無法判讀呈區域者，再依普查軌跡左右 2 公尺做環域分析後取聯集，作為普查範圍並估算普查面積。



圖 3 96 年於中埔鄉義仁村以誘餌誘集法監測紅火蟻之誘集站分布圖

## (二) 防治範圍規劃及面積估算

第一次餌劑全面防治的行政區是依原已知發生的水上鄉(三界村、國姓村)及中埔鄉(同仁村、裕民村、龍門村、義仁村、隆興村、富收村、金蘭村)共 9 個村為防治範圍來擬定。而防治區域的規劃是以初步調查時 GPS 的定位資料為基礎，套疊於空照圖上，標明主要道路及次要道路後輸出，提供給防檢局及縣政府參考。防治區共劃定 13 區，分別是水上鄉三界村 2 區、國姓村 2 區，中埔鄉金蘭村 2 區、隆興村 1 區、義仁村 1 區、同仁村 1 區、龍門村及裕民村發生區域有部分重疊，共劃定 4 區，約 34 公頃。第一次餌劑施藥時，因聲勢浩大，許多民眾因此才得知紅火蟻的防治是由政府在執行，紛紛提出通

報，導致實際施藥範圍較預估還廣，遂於施藥後進行現場勘查及 GPS 定位，為了方便閱覽，以空照圖作為劃防治區域範圍的圖層及估算防治面積，同時也提供防治效果評估參考及第二次餌劑施藥區域的規劃。

第二次餌劑防治起均以機械撒佈機撒佈餌劑，每位防治隊員均配掛 GPS，以軌跡方式記錄施藥路徑，再依此資料及現場定位資料，重新劃定防治範圍及面積的估算(圖 4)。第一次餌劑防治面積水上鄉約 111 公頃，中埔鄉約 110 公頃；第二次防治面積共計 660 公頃，至 95 年則達 1,100 公頃。

第二次施藥全區圖

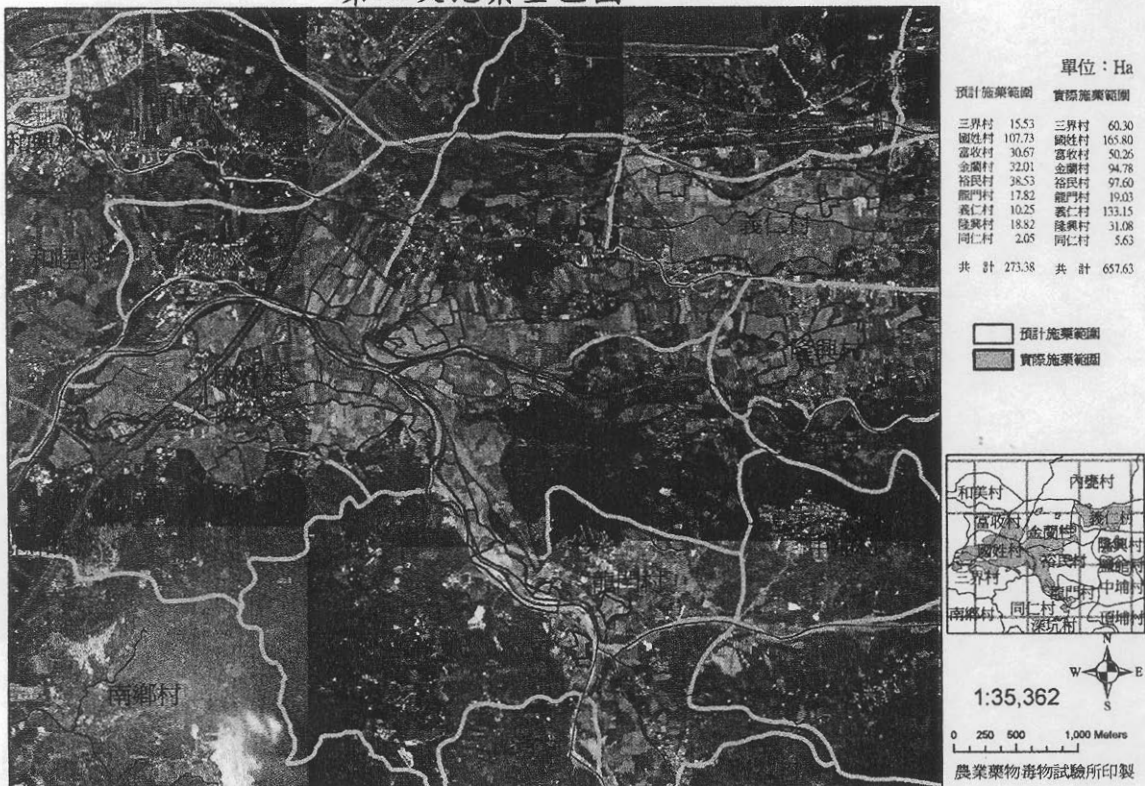


圖 4 嘉義地區紅火蟻第二次餌劑防治預估及實際範圍

96年6月防治隊員復查後，防治範圍做重新的規劃。7月初就防治隊員通報有發現紅火蟻的地點，進行GPS定位，並標示於圖層上，以確定實際發生的區域，再依此空間資料，參考過去的防治範圍並以行政區界為藍本取交集來劃定防治範圍，再依紅火蟻發生的密度高低規劃特別防治區及一般防治區(圖5)，以擬定防治對策。紅火蟻具高風險發生區的中埔鄉金蘭村、鹽館村及頂埔村被列為特別防治區；一般防治區有中埔鄉富收村、義仁村、裕民村、和睦村、隆興村及龍門村等6村。利用ArcGIS軟體估算各防治區域的面積如表1所示。

96年度嘉義縣紅火蟻特別防治區及一般防治區域圖

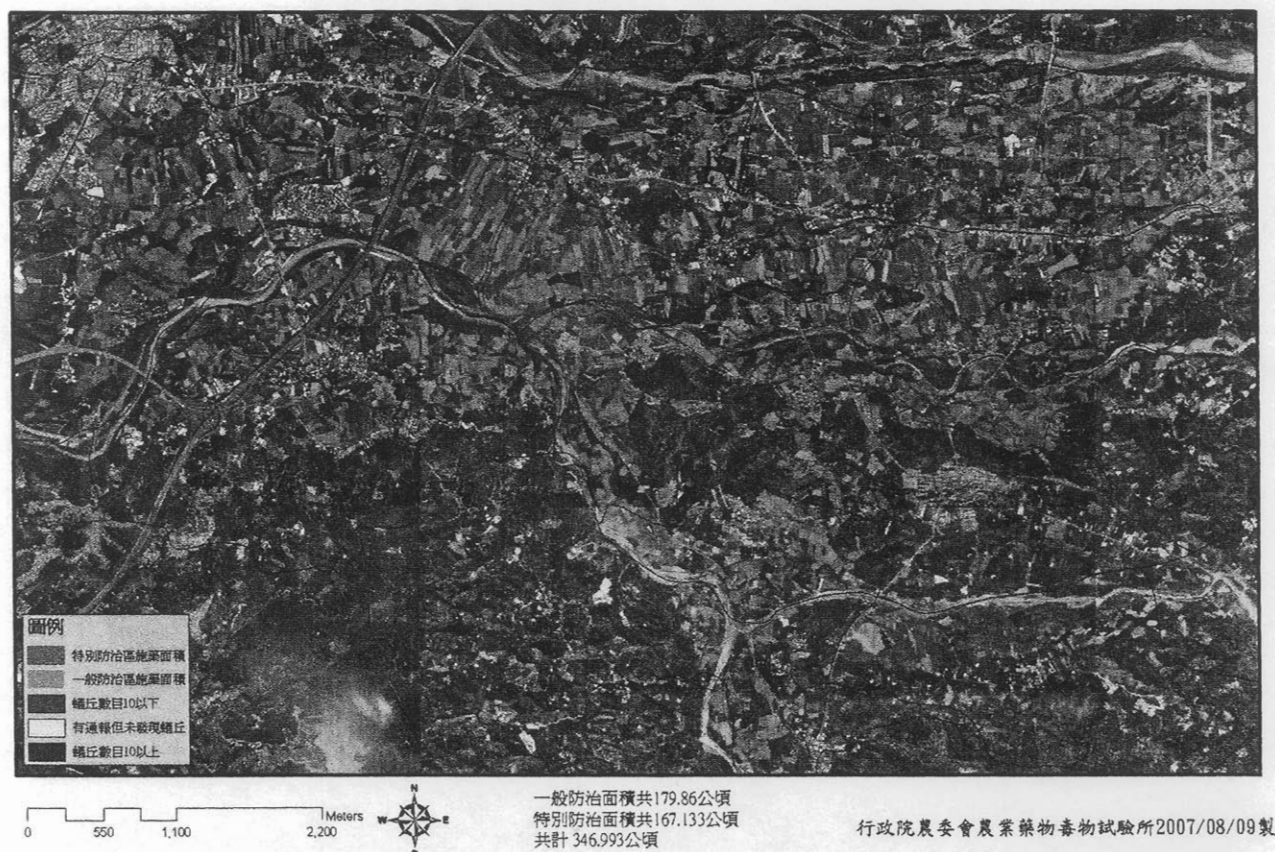


圖5 96年防治區域規劃

表 1 96 年嘉義地區紅火蟻發生區域第一次普查面積及防治區面積估算

		村面積 (公頃)	普查面積 (公頃)	防治規劃	防治區面 積(公頃)
水上鄉	三界村	324.27	25.95	暫不防治區	----
	國姓村	272.43	121.2	暫不防治區	----
	南鄉村	1027.75	10.81	暫不防治區	----
			157.96		
中埔鄉	金蘭村	375.05	131.52	特別防治區	81.45
	鹽館村	337.54	5.05	特別防治區	35.69
	頂埔村	316.08	1.39	特別防治區	49.99
合計			137.96		167.13
	富收村	213.3	55.21	一般防治區	40.81
	義仁村	282.48	165.43	一般防治區	47.98
	和睦村	390.81	15.9	一般防治區	13.80
	隆興村	261.59	70.99	一般防治區	15.31
	裕民村	357.15	116.34	一般防治區	50.56
	龍門村	150.46	35.28	一般防治區	11.40
合計			459.15		179.86
	同仁村	553.94	69.77	暫不防治區	----
	和美村	268.07	9.43	暫不防治區	----
番路鄉	內甕村	883.87	6.69	暫不防治區	----
總計			840.96		346.99

#### 四、GIS 及 GPS 在紅火蟻防治效果評估上的應用

嘉義地區紅火蟻防治範圍相當廣泛，僅能選取部分區域作為代表。第一次防治效果評估調查僅選定水上鄉三界村約 14 公頃農田作為評估區，分為 7 小區(圖 6, A)，由 6 組的調查人員共同執行。調查方法是以 5 公尺 x 5 公尺為一個樣方進行調查，每小區取 10 個樣方，共調查 70 個樣方，記錄每

一樣方內不活動蟻巢數及活動蟻巢數。評估區是依發生密度較高的區域來選擇，再參考空照圖依小路來區隔調查小區。為了能明顯呈現評估區的調查範圍，每一樣方均以 GPS 定位 4 點，以了解取樣分布的情形。第一次調查結果顯示平均每樣方活動蟻巢數有 3.9 個。

為了能確實追蹤防治成果，自第二次餌劑施用起至 94 年止，防治效果評估區再增加中埔鄉金蘭村約 18 公頃的農田，分為 6 小區(圖 6, B)。調查方法仍採用 10 公尺 x 10 公尺為一個樣方，調查記錄不活動蟻巢數及活動蟻巢數。從每小區內活動蟻巢數的分布來看(圖 7)，93 年 12 月 15 日調查時，三界村每小區平均活動蟻巢數約 70 個，金蘭村約為 85 個，其變異也相當大，顯示活動蟻巢的分布極為聚集，且嚴重；經過 5 次的施藥防治，每小區平均活動蟻巢數降為約 10 個，其信賴區間也明顯縮小，顯示紅火蟻的發生已獲得控制，而活動蟻巢的分布也趨於均勻性。

95 年度工作團隊做了些微的縮編，由 6 組減為 3 組，在人力縮減及農事操作的因素干擾下，重新規劃防治效果評估區域及調查方法。評估區域有中埔鄉隆興村及金蘭村、水上鄉三界村及國姓村等 4 個評估區(圖 8)，依農會執行人員及過去紅火蟻的發生情形，參考空照圖來規劃評估區的範圍，設定每一評估區約 9 公頃農田，再分成 3 小區，每小區由一組研究人員負責調查，每區以調查田埂上之活動蟻巢數為主，每小區取 30 個樣點，每點 10 公尺。95 年共調查 5 次，水上

鄉三界村及國姓村與中埔鄉隆興村的防治率已近 100%，而中埔鄉金蘭村局部小區域的密度有回升的情形。至 96 年 4 月的調查結果顯示，4 個評估區中水上鄉三界村及國姓村並未發現任何活動蟻巢，而中埔鄉隆興村僅發現 1 個活動蟻巢，金蘭村則有 38 個之多 (表 2)。顯示除金蘭村仍有紅火蟻發生外，



圖 6 93-94 年度嘉義地區紅火蟻防治效果評估區分配圖。A: 三界村。B: 金蘭村。

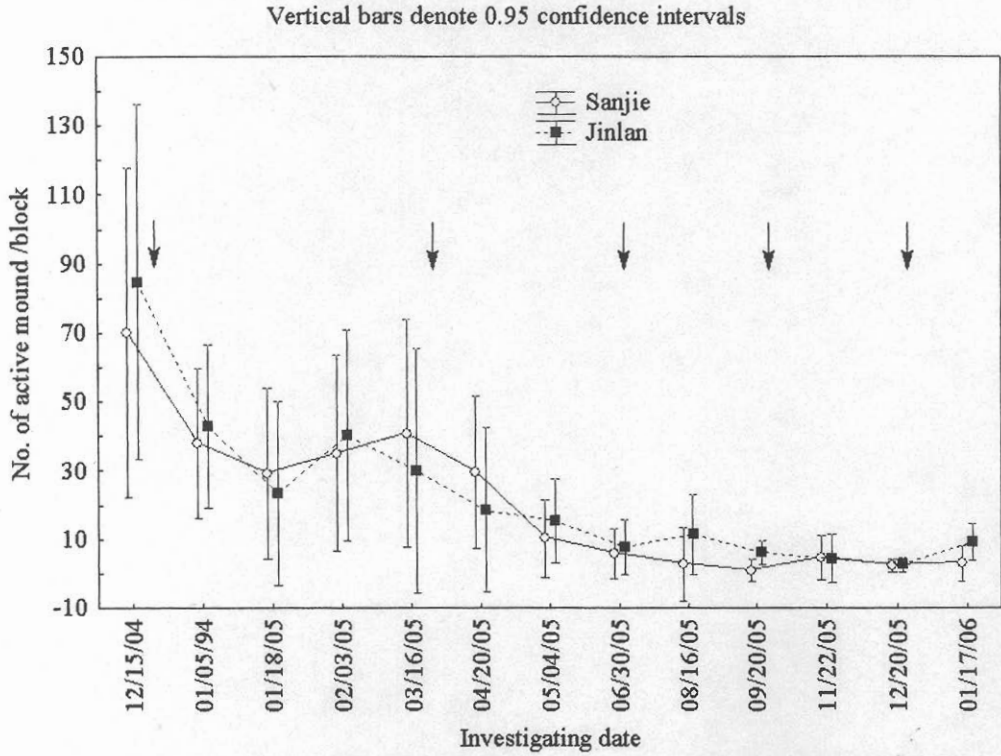


圖 7 93-94 年嘉義水上鄉三界村及中埔鄉金蘭村紅火蟻餌劑防治前後每小區平均活動蟻巢數之變化(箭頭表示施藥時間)。



圖 8 95 年度度嘉義地區紅火蟻防治效果評估區配製圖

表 2 95-96 年度嘉義水上鄉三界村、國姓村及中埔鄉金蘭村、隆興村紅火蟻餌劑防治前後平均活動蟻巢數及防治率

調查日期	取樣數	三界村		國姓村		金蘭村		隆興村	
		平均 (S. E.)	防治率 %	平均 (S. E.)	防治率 %	平均 (S. E.)	防治率 %	平均 (S. E.)	防治率 %
03/03/06 (第一次施藥前)	90	0.11 (0.04)	---	0.03 (0.03)	---	0.13 (0.04)	---	0.13 (0.04)	---
05/02/06 (第一次施藥後)	90	0.01 (0.01)	90.0	0.01 (0.01)	66.7	0.03 (0.02)	75.0	0.033 (0.02)	75.0
08/15/06 (第二次施藥前)	90	0	100	0	100	0.111 (0.04)	16.5	0	100
11/14/06 (第二次施藥後)	90	0.02 (0.01)	82.0	0	100	0.29 (0.06)	0	0.02 (0.01)	84.6
01/25/07 (第二次施藥後)	90	0	100	0	100	0.24 (0.07)	0	0	100
04/12/07 (第三次施藥前)	90	0	100	0	100	0.42 (0.13)	0	0.01 (0.01)	92.5
07/03/07 (第三次施藥後)	90	0	100	0	100	0.11 (0.05)	15.4	0	100

另三個評估區均無發現紅火蟻的蹤跡，顯見，金蘭村有必要再加強防治，以避免向外擴散，徒增防治上的困擾。

96 年 8 月重新規劃的防治範圍中以特別防治區為重點防治區，也是防治效果評估的區域。特別防治區中金蘭村有 81.5

公頃、鹽館村 35.7 公頃、頂埔村第一區有 24.1 公頃，第二區 25.9 公頃。4 個評估區除金蘭村擴大調查範圍外，鹽館村及頂埔村均是新通報區，為了掌握紅火蟻發生情況，每一評估區依小路劃分成三小區，由三組研究人員分別調查。調查方式是採地毯式的目視調查，由於每一小組調查的範圍極為廣大，且為第一次調查，故利用 GPS 以軌跡方式記錄調查的路徑，並以 GPS 取得活動蟻巢位置，以了解紅火蟻的發生分布狀態，並提供給防治大隊，作為加強防治的依據。

## 五、結語

傳統的生物空間分布資料僅能藉由估算的介量來判定該生物在空間上的分布，而無法標示其在空間上的位置及其與時間變動的關係。由於 GIS 的發展更強化了生物空間分布資料的分析，也因為 GPS 的利用，使得野外調查時可即時獲取地理的座標位置，而不需借助各種型態的紙本地圖，得知所在的空間位置。

紅火蟻具有主動及被動擴散的行為，其移動分布及發生範圍變動的情形是防治策略擬定的主要資訊。為了執行紅火蟻的撲滅計畫，有效掌握紅火蟻的發生密度及其在空間上分布位置的資料，是極為重要的工作。GPS 與 GIS 的應用是紅火蟻在監測及防治效果評估調查時相當有效率的幫手。然而，礙於實務上使用的方便，目前所使用的圖層主要仍以空照圖為主，如何將農田及小路等地景資料數化於電子地圖上，並配合 GPS 及導航系統以作為監測調查時的輔助工具，是本工作未來希望能達成的目標。

## 六、參考文獻

1. 李錫堤、林書毅編著。地理資訊系統入門與應用。國立中央大學地球科學系講義。
2. 周天穎、葉美伶、洪正民、黃昇祥編著。輕輕鬆鬆學 ArcGIS 9。儒林圖書公司。
3. 潘貴成編著。地圖學原理。三民書局。
4. Callcott, A. M. A. and Clooins, H. L. 1996. Invasion and range expansion of red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) in North America from 1918 to 1995. *Florida Entomologis*. 79: 240-251.
5. Gotelli, N. J. and Arnett, A. E. 2000. Biogeographic effects of red fire ant invasion. *Ecology Letters* 3: 257-261.
6. National Fire Ant Eradiction Program Progress Report June 2001 – July 2004. Fire Ant Control Centre. Queensland Government, Department of Primary Industries and Fisheries.
7. Porter, S. D. and Savignano, D. A. 1990. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. *Ecology* 71: 2095-2106.
8. Vinson, S. B. 1997. Invasion of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): Spread, biology, and impact. *American Entomologist*. 43: 23-39
9. Vinson, S. B. and Greenberg, L. 1986. The biology, physiology, and ecology of imported fire ants. In: *Economic Impact and*

Control of Social Insects (ed. S. B. Vinson) pp. 193-226. Pradger, New York.

10. Wojcik, D. P., Allen, C. R., Brenner, R. J., Forsys, E. A., Jouvenaz, D. P., and Lutz, R. S. 2001. Red imported fire ants: impact on biodiversity. 16-23.
11. Zogg, J.M. 2002. GPS Basics- Introduction to the system and application overview: 1-47.
12. <http://www.fireant-tw.org/fireant>
13. <http://www.safe2use.com/pests/fireants>
14. <http://www.dpi.qld.gov.au/fireants>