

出國報告（出國類別：其他）

商討金門福建共同防治紅火蟻

服務機關：行政院農業委員會動植物防檢局、紅火蟻防治中心

姓名職稱：李昆龍技正、黃榮南主任

出國日期：2014年12月8日至12月10日

報告日期：2015年3月7日

摘要

我國金門縣於 2014 年 3 月確認遭受入侵紅火蟻危害，經採集金門紅火蟻進行粒線體 DNA 與微衛星 DNA 分析，並根據發生處環境狀況、兩岸地緣關係、防治現況等資訊綜合研判，其來源極可能是中國大陸福建省之紅火蟻，入侵管道以婚飛或隨季風氣流飄散之可能性最大。為降低金門再度受到紅火蟻入侵之風險，及提升金門與福建兩地之防治效果，農委會爰邀請大陸農業部合作推動跨境共同防治，並於 2014 年 12 月 8-10 日派員前往廈門商討合作內容。臺灣方面表示，規劃於 2015 年 4 月至 10 月間，針對金門紅火蟻發生區域以餌劑撒佈方式防治 3 次（預計分別於 4 月、6 月、9 月施作）與追蹤評估其效果，邀請陸方同步針對福建相關區域（廈門、泉州、漳州）進行防治，並適時互換防控資訊。陸方回應表示，其官方自 2004 年起展開全國紅火蟻防控工作，未來仍將會持續進行包括福建在內東南各省之防治作業，同時也將增加福建省沿海地區之監測佈點密度，加強監控力道，並同意雙方適時互換防控資訊。此外，雙方並就防治目標、策略、方法、科研等層面交換意見，以做為未來進一步合作的基礎。

目次

壹、目的	1
貳、出國人員及行程	2
參、過程	3
肆、心得及建議	8
伍、圖片	10
陸、參考資料	14
附件 1、	15
附件 2、	19

壹、目的

我國金門縣在 2014 年 3 月確認發現入侵紅火蟻，金門縣政府於 4-5 月間進行全縣目視普查後，於大金門島部分區域（金沙鎮、金寧鄉、金湖鎮）與小金門島（烈嶼鄉）共發現百餘個蟻丘。該府亦同時啟動緊急防治作業，在農委會防檢局提供藥劑資材與紅火蟻防治中心提供技術輔導之協助下，進行 2 次緊急防治，已初步予以控制，但後續仍須持續投藥防治與追蹤監測。金門有許多土地劃為金門國家公園或由軍事區域，農委會也透過跨部會協調機制，整合內政、國防、環衛、交通、教育等部門共同加強防範監控與防疫衛教宣導等工作。

由分子生物等相關證據顯示，金門紅火蟻極可能來自中國大陸，而金門與福建兩地地緣接近，且小三通往來頻繁，為確保金門紅火蟻防治效果，除縣內各項防治措施須持續進行外，更重要的是必須阻絕中國大陸紅火蟻的各種可能入侵管道，包括隨人類從事貿易或旅遊等活動而傳入，以及藉由自然婚飛或隨氣流飄散傳入。為阻斷這些入侵管道，除繼續加強檢疫檢查與緝私等既有措施，減少因人類活動而傳入的風險外，農委會防檢局與金門縣政府也規劃洽請陸方合作推動金門與福建紅火蟻共同防治，期望透過雙方同步於防治適期進行防治，既可降低中國大陸紅火蟻遷飛傳入的風險，也有助於提升兩地防治效果，並且嘗試建立兩岸合作跨境防疫的新模式。農委會防檢局乃透過臺灣農村發展基金會、中國大陸海峽兩岸農業交流協會居中協助，向陸方農業部傳達此構想，獲得陸方善意回應，雙方爰訂於 2014 年 12 月 8-10 日於廈門市商討合作內容。

貳、出國人員與行程

一、出國人員：

本次出國人員為行政院農業委員會動植物防疫檢疫局李昆龍技正與紅火蟻防治中心黃榮南主任等 2 人。另金門縣政府吳友欽副縣長、建設處翁自保處長、動植物防疫所莊謙恭所長等人亦出席第一天的研商會議。

中國大陸研商人員有農業部全國農業技術推廣服務中心植檢處馮曉東副處長、農業部種植業管理司植保植檢處常雪艷主任科員、福建省農業廳植保植檢總站徐志平站長、廈門市農業局植保植檢站蔡金鐳站長、華南農業大學曾玲教授、華南農業大學陸永躍教授等 6 人。

二、行程：

日期	時間	
12 月 8 日 (星期一)	07:20-08:30	松山至金門
	10:00-12:00	金門至廈門
	14:00-17:00	拜會廈門市植保植檢站- 研商金門福建共同防治紅火蟻措施
12 月 9 日 (星期二)	09:00-12:00	拜會廈門市植保植檢站- 臺灣與大陸防治紅火蟻目標策略、方法技術、科 研與防控現況研討
	14:00-17:00	田野勘查福建紅火蟻發生與防治情形
12 月 10 日 (星期三)	09:00-11:00	田野勘查福建紅火蟻發生與防治情形
	12:55-14:35	廈門至松山

參、過程

一、說明金門紅火蟻發生與防治現況

金門縣地理位置極接近中國大陸福建省，與廈門灣口相望，依據行政院網站資料，金門本島與中國大陸最短距離為 2.3 公里，總面積為 150.46 平方公里，人口約六萬八千餘人。2014 年 4-5 月間，金門縣政府以目視調查全縣 35 個村里、167 個自然村落及各產業道路，共發現蟻丘 124 處，其中大金門本島有 51 處，除 1 處蟻丘位於東南角（金湖鎮）之外，其餘蟻丘全部分布於北方靠海地帶（金沙鎮、金寧鄉）。另小金門島（烈嶼鄉）上有 73 處蟻丘，平均分散於全島上，受害情形比大金門更為嚴重（圖 1）。紅火蟻喜愛在開闊、日照充足、少受干擾的地方築巢，金門蟻丘所在位置的環境類型多樣，有些分布在尚未受開發的草地或其他自然環境相中，有些則位在農耕地、校園草地、公路旁綠地等已受開發環境，另外有些蟻丘在牛隻飼養場域內被發現。金門農家多有飼養牛隻情形，且採開放飼養，亦有不少專業養牛場，紅火蟻的入侵使牛隻及其它家畜的安全受到威脅。此外，小三通開放後，金門縣政府積極發展觀光，兩岸民眾赴金門旅遊人數持續增加，若無適當防治，也可能有害於遊客安全與觀光業發展。

在調查期間，金門縣政府同步針對所發現的蟻丘進行緊急防治，縣府基於環保考量，使用毒性較小的 0.5%百利普芬餌劑進行防治，而暫不採用化學藥劑灌注蟻丘的方式。第 1 次緊急防治作業於 5 月底完成，隨後再於同年 6-7 月間執行第 2 次防治。隨後，以洋芋片誘餌進行誘集監測調查，評估防治後效果，發現多數蟻巢的活動螞蟻數量明顯減少，活動力銳減，且部分蟻丘已無紅火蟻蹤跡，顯示防治後效果良好，金門縣政府並已將其納入例行監控與防治的有害生物。

二、說明金門紅火蟻源自中國大陸的證據

臺灣大學植物醫學學程楊景程助理教授採集了 30 巢的金門紅火蟻，利用不同遺傳標記，分析其粒線體 DNA 單倍型與微衛星 DNA 分群，並透過美國國家生物技術信息中心資料庫、全球入侵紅火蟻遺傳資料庫，比較臺灣與中國大陸各族群間遺傳相似度後，發現金門與中國大陸福建、廣東地區的紅火蟻族群間具有高度遺傳相似度，而與臺灣桃園、嘉義族群間有很大的遺傳差異，足可視為相異

的遺傳系群。楊助理教授也分析了金門紅火蟻的社會型，發現逾 70%為單蟻后型蟻巢（單蟻后型：多蟻后型=23 巢：7 巢），單蟻后型蟻巢主要擴散方式為透過蟻后進行長距離婚飛，距離可達 12-16 公里（Vogt et al., 2000），超過金門與中國大陸間的最近距離 2.3 公里，而此擴散方式與多蟻后型蟻巢主要以陸地緩慢遷巢方式有所不同。根據上述遺傳分析結果，再參考金門與中國大陸地緣關係、季風方向、貨運量、兩岸防治現況等資訊，研判金門紅火蟻來自中國大陸福建省廈門或晉江地區的可能性最大，其入侵途徑可能是蟻后自然遷飛或隨氣流傳入（附件 1）。不過，尚無法完全排除隨貿易或走私行為而傳入的可能。

三、說明我國現況及擬與中國大陸合作防治之內容

為防治紅火蟻，農委會於 2004 年依據植物防疫檢疫法第 8 條及第 10 條，將紅火蟻公告為特定疫病蟲害種類，規定其發生地點內之花卉、種苗及栽培介質非經檢查合格，禁止遷移。另訂有「紅火蟻標準作業程序」、「花卉、種苗及栽培介質防範紅火蟻移動管理作業要點」、「營建基地紅火蟻偵察、防治及植栽與土石方移動管制標準作業程序」等 3 種行政規則，做為執行的依據。自 2003 年展開防治起，持續由農委會做為統籌機關，整合各中央與地方政府部門、相關專家與業界共同推動防治，將紅火蟻圍堵於台灣北部，臺灣中南部、東部與離島一直未有發現。但 2014 年金門確認受害後，已規劃相關防治與監測措施。

防治方面，因金門內許多範圍屬於金門國家公園保護區，為兼顧火蟻防治與環境保護，選擇以毒性相對較低的餌劑（昆蟲生長調節型）做為主要防治藥劑，但對於民眾經常活動的低容忍區域（例如校園、公園等）內的蟻丘，必要時將使用蟻丘灌注法（2.46%賽洛寧膠囊懸著液）快速將其消除，以避免蟻丘長時間存在於低容忍環境中，而增加民眾受叮咬危害的風險。依金門當地氣候條件，規劃於 2015 年 4-10 月間以餌劑撒佈方式防治 3 次，分別於 4 月、6 月、9 月開始施作，其中第 1 次與第 3 次預計使用 0.5%百利普芬餌劑，第 2 次預計使用 0.5%二福隆餌劑，防治範圍涵蓋大金門北側紅火蟻分布區域及小金門全島，防治面積約 3 千公頃，並視狀況調整用藥種類與範圍。並以洋芋片誘餌誘集法與應用 GIS 技術，比較防治前與防治後的紅火蟻分布變化，藉以評估防治效果。邀請陸方於上述期間同步防治，範圍至少涵蓋鄰近金門的泉州市（東北方）、廈門市（西北方）、

漳州市（西南方）3 個行政區，而該三市也都是紅火蟻的發生區。

中國大陸方面回應，其官方自 2004 年起即進行紅火蟻防治，並依據數個法規執行。中央法規包括由國務院發布的「植物檢疫條例」，以及由農業部發布的「植物檢疫條例實施細則」。地方法規由省、市政府依管理需求自行訂定，例福建省政府目前便依據「福建省農業植物檢疫實施管理辦法」與「福建省防控紅火蟻疫情應急預案」執行紅火蟻防治作業。另外，華南農業大學於 2005 年成立紅火蟻研究中心，做為主要的技術支援機構，發表許多研究文獻，也協助訂定疫情監測與化學防控技術規程。監測方法有訪問調查、踏查、誘餌調查，並將危害程度按每單位面積活動蟻巢之數量或按誘集工蟻之數量分成 1-5 級，1 級最輕度，5 級最嚴重。防治方法以化學藥劑為主，在防治適期每年進行 2 次全面防控，第 1 次春季紅火蟻婚飛前或婚飛高峰期（春末夏初）進行，第 2 次全面防治在夏、秋季節氣候條件適宜時進行，陸方稱之為「2 步防治法」。化學藥劑使用方法有毒餌誘殺法、藥液灌注法、顆粒劑和粉劑滅巢法等，核准使用的藥劑種類甚多。未來陸方將會持續依據相關法令與規程進行包括福建在內各省之防控作業，也將增加福建省沿海地區的有害生物監測點設置密度（其各監測點所監測的有害生物種類包括紅火蟻），並同意雙方可適時互換防控資訊。

四、中國大陸說明紅火蟻發生與防治現況

中國大陸最早是在 2004 年於廣東省吳川市發現紅火蟻危害，確認時危害已相當嚴重，許多農地和牧草地都已淪陷，估計有 50 萬個蟻巢之多，研究顯示紅火蟻是以多途徑、多次、多點方式持續入侵，才成功建立族群。雖然政府與專家群持續投入資源進行防治，但過去 10 年間紅火蟻分布範圍仍持續擴大，2005 年時分布以廣東省為主，但到 2013 年時分布區域已明顯擴大。根據中國大陸農業部公布之「全國農業植物檢疫性有害生物分布行政區名錄（2013）」(附件 2)顯示，目前紅火蟻分布已達 7 個省（區）、169 個縣（市、區），包括福建省、江西省、廣東省、海南省、四川省、雲南省及廣西壯族自治區，估計涵蓋面積約 22 萬平方公里，當中又以廣東省全境、廣西省東南部、福建省南部、海南省北部是最主要發生區域。比較特別的是，四川（鹽邊縣、西昌市）和雲南（玉溪市、普洱市、元謀縣）兩省的發生地點與上述主要發生區域間的距離較遠，另據華南農業大學

陸永躍教授發表資料顯示，在湖南省北部的張家界也有紅火蟻存在，此處也離主要發生區域較遠。陸教授將這些地點稱為跳躍點，紅火蟻應是隨著人為活動而長距離傳播到這些跳躍點。

紅火蟻在中國大陸以自然或人為方式多管道傳播，但以隨苗木和草皮擴散是最主要和最有效率的途徑。依陸教授研究，在採取防治與檢疫措施情況下，過去10年大陸紅火蟻的長距離擴散速度介於26.5-48.1公里/年，依此速度，預測到2023年時，受到入侵的縣（市、區）將達到364個。這樣的擴散速度與美國的受害經驗相比明顯為低，文獻顯示紅火蟻在美國長距離擴散速度曾達到198公里/年，但這可能與早期紅火蟻防治技術未臻成熟或防檢疫措施未有效落實有關。

廈門市農業局植保植檢站人員也說明廈門紅火蟻防控狀況。2008年6月，廈門市集美區首次發現紅火蟻，目前，已在集美、湖里、海滄、同安、翔安等5個區24個鎮街發生。各區紅火蟻最初都是在新建的綠地、道路綠化及公園等場所被發現，發生分布亦以綠地、公園為主。自發生疫情以來，廈門市各級政府單位便加強協調配合，落實各項措施，每年持續進行2次普查與防治工作，總體防治效果達85%以上，將發生程度等級控制在1級（發生區內平均蟻巢密度0.1個/100平方公尺）。相關措施如下：

- (一) 強化政府主導：依據「廈門市防控紅火蟻疫情應急預案」，紅火蟻防治工作由政府負責，採「屬地管理、分級負責」，各部門各司其職。廈門市政府於每年年初訂定當年度防控工作方案，由區、鎮(街)級政府機關成立專業防治隊，執行防控作業。
- (二) 全面普查監測：一方面在發生區內及發生區周邊設置監測點，俾即時發現疫情、即時防治。另一方面於春秋兩季，針對發生區進行全面普查，且特別針對尚未發現疫情的區域和新建綠地劃定重點普查範圍。此外也透過「12316」農業服務熱線，由民眾通報反映發生點。
- (三) 組織統防統治：於每年4-6月及9-11月的防治關鍵時機，實施春秋兩季的統防統治，其餘時期則邊查邊治，隨時儲備足夠應急藥劑，以控制疫情蔓延。
- (四) 防疫宣傳培訓：設立屬公益性質的「12316」農業服務熱線，提供諮詢服務。辦理植物檢疫宣傳週(月)活動，已舉辦防控技術培訓班50多期，約3,000

人次參訓，並印發「警惕外來入侵有害生物—紅火蟻」等宣傳單 10 萬多份。

(五) 加強檢疫監控：加強植物檢疫執法與監管，對於種子苗木經營企業進行登記建檔，執行種子種苗繁殖圃產地檢疫工作。對於受紅火蟻感染的苗圃加強消毒處理，並採取嚴格管制措施，新建綠化工程嚴禁自紅火蟻發生地調運苗木及草皮。

肆、心得及建議

- 一、本次提議兩岸合作推動金門福建共同防治紅火蟻的構想，雙方咸認為可行，未來將繼續進行金門防治監控與資料彙集等作業，並適時與陸方交換資料。
- 二、金門縣除大金門本島與小金門島之外，尚包括大膽、二膽、東碇、北碇等島嶼，因部分島嶼受到管制禁止登島，以及受限於人力與經費不足，目前金門紅火蟻調查僅限於大小金門，尚未清楚其他小島上是否亦有紅火蟻存在。另位在金門與中國大陸之間而由中國大陸管轄的大嶼、小嶼、角嶼等島，根據此次陸方人員表示該等島嶼尚未發現紅火蟻。雖然金門紅火蟻雖極可能是廈門地區的紅火蟻蟻后經由婚飛傳入，但尚不清楚其是直接婚飛入侵大小金門，或是先入侵其他小島建立足夠族群後，再以該小島為跳板，輾轉傳至大小金門。未來若有必要，可透過科技計畫將這些未知的缺口資料補齊。
- 三、兩岸防控紅火蟻所採用的方法與技術大同小異。監測調查上都使用目視法、誘餌誘集法，臺灣尚有掉落陷阱法。防治上雙方都使用餌劑、粒劑、蟻丘灌注法，但中國大陸尚使用粉劑，臺灣則無。粉劑在使用上甚為方便，無須再調配或稀釋，打開包裝後直接依規定方法與劑量施用即可，有利於民眾自行防治使用，應可評估納為推薦的防治方法。另大範圍餌劑防治上，中國大陸每年執行 2 次，認為無須使用太多次，臺灣則建議每年使用 3-4 次。此外，臺灣近年開始進行生物防治技術的開發研究，利用本土螞蟻或自美國引進蚤蠅、小芽孢真菌、病毒等天敵進行相關試驗，但曾玲、陸永躍教授認為生物防治法效益有限。
- 四、臺灣自 2004 年推動紅火蟻防治迄今已逾 10 年，歷年皆以政府主導的官方防治為主，由農委會統籌各中央機關、地方政府、專家與業界共同推動防治，累計投入近 8 億元，目前尚勉強將其圍堵於北臺灣的新北、桃園、新竹等縣市(主分布於新北淡水河至新竹頭前溪間)；鄰近的臺北市、苗栗縣偶有通報發生，但尚能有效控制，免於淪陷；另南部嘉義縣中埔與水上鄉原有局部發生的紅火蟻已接近撲滅，迄今未擴散至臺中以南的農業重要產區，亦未蔓延至宜蘭花東生態保護重鎮，資料顯示紅火蟻在臺灣擴散速度遠比在美國、中國大陸為慢。但長遠而言，考量政府整體財政日益艱困，及基於落實全民防

疫與使用者付費原則，未來防疫政策是否宜由現行政府主導的官方防治逐漸調整轉由民眾自主管理私有地，並自行負擔防治費用，政府則負責公有地防治，並藉推動新技術新藥劑之開發、推廣與教宣，促進全民提升自主防疫的專業知能，應充分加以討論，做出最適宜決策。惟若政策調整後，圍堵目標勢必更難以維持，應配合另訂合理目標為宜，且須進行的配套措施包括：與有關團體進行政策溝通、加速開發生物防治方法（生物製劑或天敵於環境立足等）、協調農藥業者生產零售小包裝藥劑方便民眾購買與使用等。

伍、圖片

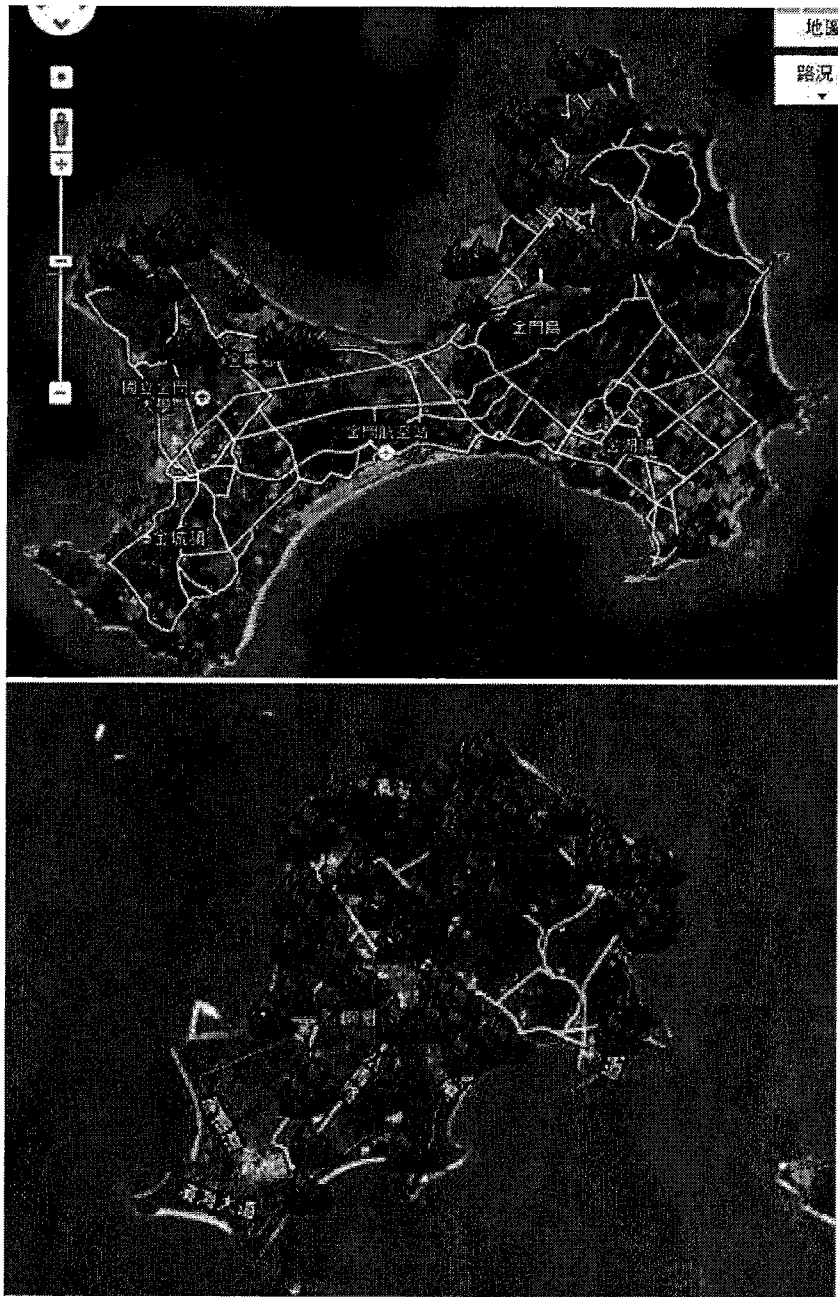


圖 1、大金門(上)與小金門(下)紅火蟻蟻丘分布圖(2014 年 5 月)。



圖 2、臺灣與中國大陸雙方就金門福建合作防治紅火蟻議題進行討論。



圖 3、商討後合影。

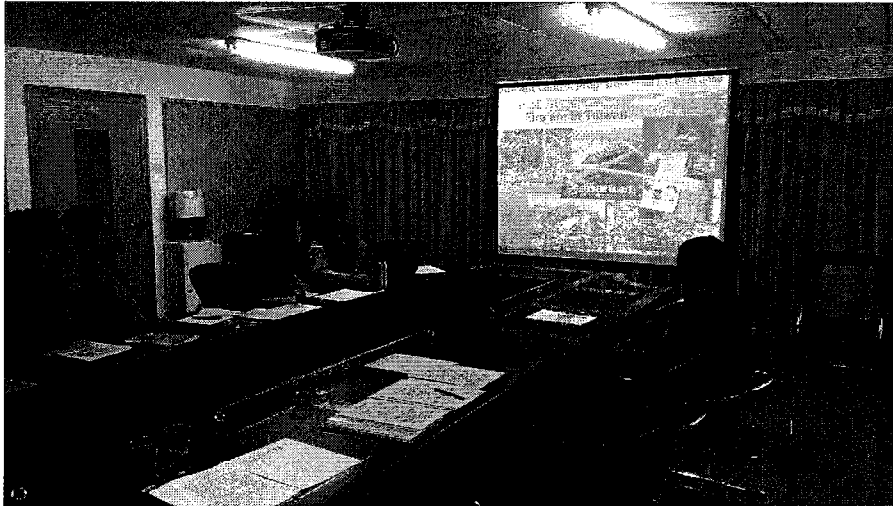


圖 4、黃榮南主任介紹臺灣防治現況，雙方就防治策略與技術交換意見。

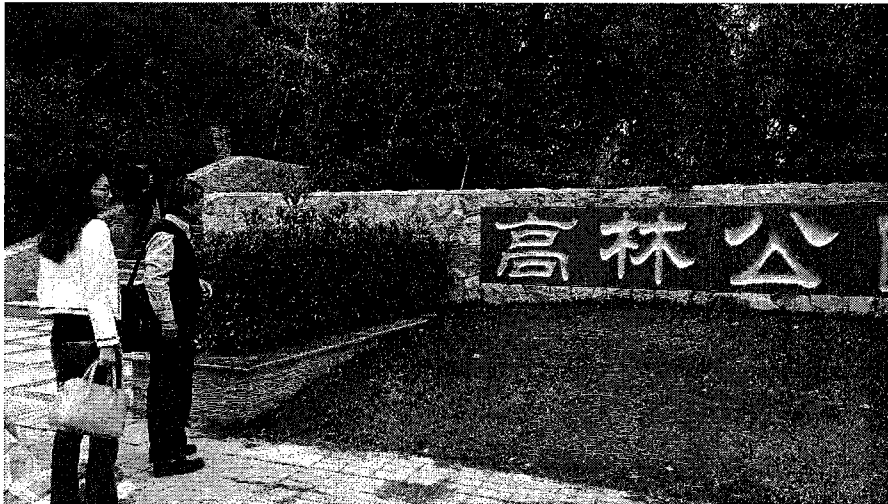


圖 5、勘查廈門市高林公園紅火蟻發生情形。



圖 6、勘查廈門市路旁綠地
紅火蟻發生情形。



圖 6、勘查濱海公園紅火蟻發生情形。

陸、參考資料

1. Ascunce MS, Yang CC, Oakey J, Calcaterra L, Wu WJ, et al. 2011. Global invasion history of the fire ant *Solenopsis invicta*. *Science* 331: 1066-1068.
2. Callcott A M A, Collins H L, Invasion and Range Expansion of Imported Fire Ant(Hymenoptera: Formicidae) in North America from 1918-1995. *Florida Entomologist*, 1996. 79(2):240-251.
3. Zhang X, Hou YM. 2013. Invasion history of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in Fujian, China based on mitochondrial DNA and its implications in development of a control strategy. *Insect Science* 21: 493-498.
4. 陸永躍 梁廣文 曾玲 2008 華南地區紅火蟻局域和長距離擴散規律研究 *中國農業科學* 41(4):1053-1063.
5. 陸永躍 2014 中國大陸紅火蟻遠距離傳播速度探討和趨勢預測 *廣東農業科學* 2014 年第 10 期.
6. 行政院農業委員會紅火蟻標準作業程序第 6 版 2013.

金門地區入侵紅火蟻遺傳分析

附件 1

楊景程¹、賀菡芝²、翁逸明¹

¹ 臺灣大學植物醫學碩士學位學程

² 臺灣大學昆蟲學系

序言：

為釐清金門入侵紅火蟻（下稱火蟻）基礎生態及遺傳資訊，本試驗利用不同遺傳標記，試圖解析金門火蟻族群之社會型分布、粒線體 DNA (mtDNA) 單倍型以及微衛星 DNA (microsatellite DNA) 分群。社會型資訊可協助判斷火蟻擴散潛勢及可能的播遷歷史；粒線體及微衛星 DNA 則可提供不同火蟻族群間的遺傳相似度，有助於回溯金門火蟻最可能入侵來源。

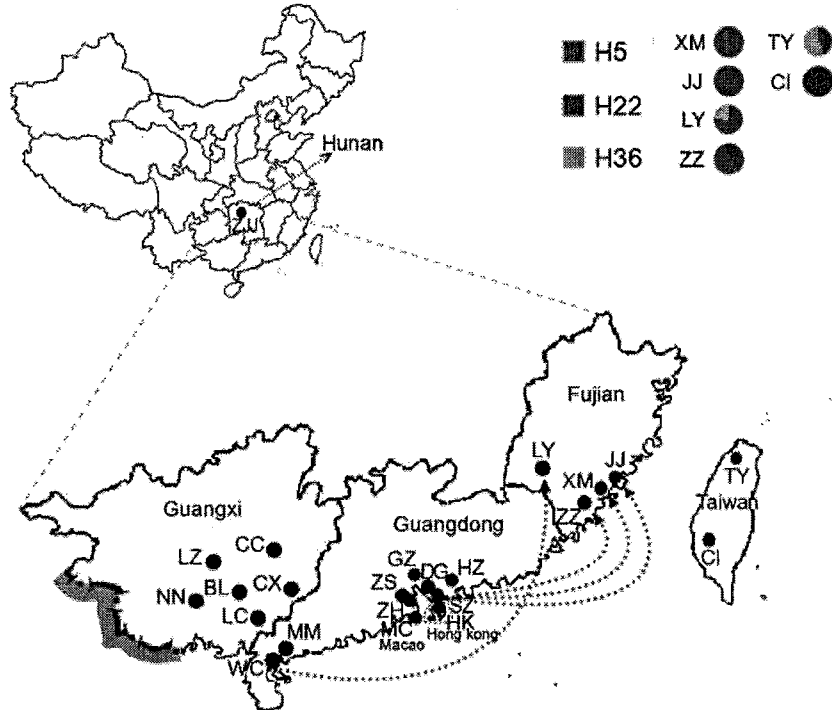
材料與方法：

1. 於 2014 年 4~5 月間於金門（包括小金門）共採集 30 巢火蟻（每巢採樣數百隻個體），並保存於酒精中。
2. 每巢 DNA 萃取分為兩種：bulk extraction 及 single extraction。前者一次同時研磨 15 隻火蟻個體萃取其 DNA 供社會型檢定使用 (Valles and Porter, 2003)；後者則為 1 隻個體，但每巢取 3-5 隻供粒線體及微衛星 DNA 檢測 (Ascunce *et al.*, 2011)。
3. 透過『全球入侵紅火蟻遺傳資料庫』 (Ascunce *et al.*, 2011) 比對，以遺傳分群相關演算法，比較族群間遺傳相似度。

結果：

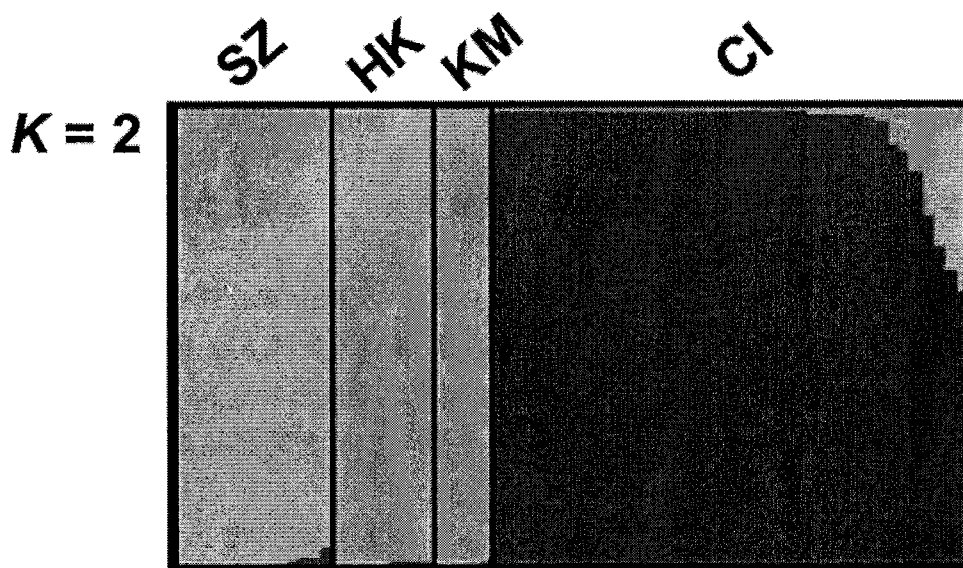
1. **金門入侵紅火蟻社會型：**金門（包括小金門）採集之 30 巢蟻巢中，多蟻后型為 7 巢，單蟻后型 23 巢。
2. **金門入侵紅火蟻粒線體型式：**每蟻巢各取 3-5 隻工蟻進行粒線體 DNA 單倍型分析。結果顯示，絕大多數個體之粒線體型式皆為同一型，透過 NCBI 資料庫比對後，確認為 H22 單倍型（圖一紅色標示）；另外，僅 1 隻個體帶有 H5（圖一藍色標示）。與臺灣火蟻族群進一步比較，桃園 (TY) 主要為 H36 及 H5，與金門族群單倍體組成差距甚大，但與嘉義 (CI) 火蟻個體單倍型分布相似（圖一）
3. **中國入侵紅火蟻粒線體型式：**如圖一所示 (Zhang and Hou, 2013)，中國福建省火蟻族群中，最靠近金門之口岸為 XM (廈門) 以及 JJ (晉江)，兩族群的粒線體型式也皆為 H22 單倍型，距金門也不遠的 LY (龍岩) 與 ZZ (漳州) 族群主要為 H5 單倍型。整體而言，金門與福建省火蟻族群於粒線體單倍型分布相當類似。
4. **金門入侵紅火蟻微衛星 DNA 分析：**每蟻巢各取 1 隻工蟻進行微衛星 DNA 分析，並與『全球入侵紅火蟻遺傳資料庫』比對遺傳相似度。Bayesian

遺傳分群結果顯示，金門（KM）與嘉義（CI）分屬不同遺傳群（嘉義為藍色，金門則為橘色），顯示兩者間並無遺傳親和性。另外，目前雖無福建火蟻樣本，但 Zhang and Hou (2013) 指出，福建火蟻主要入侵來源為廣東，因此本分析也納入深圳（SZ）及香港（HK）族群進行比較，發現這兩個族群與金門皆同屬橘色遺傳群（圖二），顯示金門與中國火蟻族群具高程度之遺傳相似。



群與金門皆同屬橘色遺傳群（圖二），顯示金門與中國火蟻族群具高程度之遺傳相似。

圖一、中國及臺灣之入侵紅火蟻粒線體單倍型地理分布（Zhang and Hou, 2013）



圖二、Bayesian 遺傳分析結果，顯示深圳 (SZ)、香港 (HK) 及金門 (KM) 之入侵紅火蟻屬同一遺傳群 (橘色)，臺灣嘉義 (CI) 族群則為另一個相異之遺傳群 (藍色)

討論：

1. 以地理分布位置而言，金門火蟻族群幾乎集中於該島北部，與廈門口岸僅 2-3 公里之遙，且廈門及晉江兩地火蟻族群粒線體單倍型與金門蟻巢完全一致，顯示金門火蟻極有可能自源自廈門或晉江。此外，金門火蟻族群中出現 H5 單倍型之個體，也進一步指出部分蟻巢來自龍岩或漳州兩地的可能性。
2. 若僅分析粒線體單倍型資料，嘉義入侵金門的可能性仍舊存在。但若利用微衛星 DNA 進一步分析，嘉義、金門間遺傳分歧程度已可視為不同遺傳系群，且足以排除嘉義為金門入侵來源之可能性。此外，若考慮火蟻於嘉義已幾近滅絕，要成為金門之入侵來源機會實屬不易。另一方面，桃園火蟻族群完全沒有 H22 粒線體單倍型 (圖一) 出現，因此，火蟻自臺灣任一族群移入金門的可能性極低。加上以整體貨運量多寡以及地緣關係判斷，自中國福建廈門或晉江地區入侵金門的可能性最高。
3. 單蟻后與多蟻后蟻巢間存在相當大的擴散潛勢差異，單蟻后後代有翅型蟻后 (female alate) 體內脂肪儲存量及飛行肌發達程度遠超過多蟻后型，因此族群中主要進行長距離擴散之社會型為單蟻后，多蟻后則以較為侷限之緩慢遷巢方式拓殖 (Tschinkel, 1998)。研究指出，單蟻后型蟻后婚飛飛翔距離可達 12-16 公里 (Vogt *et al.*, 2000)，而金門與廈門、晉江地區之地理距離剛好落在單蟻后可擴散之範圍內，配合上述遺傳資料，金門火蟻是經由廈門 (或晉江) 族群婚飛而定殖之可能性大增。
4. 金門境內少量多蟻后族群之存在也指出金門部分族群源自貨運運輸之可能性，因此，除了防範婚飛定殖之單蟻后外，兩地間頻繁貨運而攜帶多蟻后蟻巢之可能性也不容忽視。
5. 此研究結果顯示，分析入侵來源僅靠單一遺傳標記是具有風險的。因此，利用不同基因組的雙重比對，將可提供具備信賴度的遺傳證據以利正確追溯入侵來源。

文獻：

- Ascunce MS, Yang CC, Oakey J, Calcaterra L, Wu WJ, *et al.* 2011. Global invasion history of the fire ant *Solenopsis invicta*. *Science* 331: 1066-1068.
- Tschinkel WR. 1998. The reproductive biology of fire ant societies. *BioScience* 48: 593-605.
- Valles SM, Porter SD. 2003. Identification of polygyne and monogyne fire ant colonies (*Solenopsis invicta*) by multiplex PCR of *Gp-9* alleles. *Insectes Sociaux*. 2003: 199-200.

- Vogt JT, Appel AG, West MS. 2000. Flight energetics and dispersal capability of the fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. *Journal of Insect Physiology* 46: 697-707
- Zhang X, Hou YM. 2013. Invasion history of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in Fujian, China based on mitochondrial DNA and its implications in development of a control strategy. *Insect Science* 21: 493-498.

中華大陸農業部公布「全國農業植物檢疫性有害生物分布行政區名錄 (2013)」

9. 红火蚁 (7 个省 (区), 169 个县 (市、区))

福建省	福州市：马尾区、福清市； 泉州市：鲤城区、洛江区、晋江市、南安市、丰泽区； 厦门市：集美区、湖里区、海沧区、同安区、翔安区； 漳州市：漳浦县、芗城区、龙海市、龙文区、长泰县； 龙岩市：武平县； 宁德市：东侨开发区、霞浦县。
江西省	赣州市：章贡区、龙南县、定南县、全南县。
广东省	广州市：荔湾区、海珠区、天河区、白云区、黄埔区、番禺区、花都区、南沙区、萝岗区、增城市、从化市； 清远市：清城区、佛冈县、阳山县、连山县、清新区、英德市； 韶关市：武江区、浚江区、曲江区、仁化县、翁源县、乳源县、新丰县、乐昌市、南雄市； 河源市：源城区、紫金县、龙川县、连平县、和平县、东源县； 梅州市：梅江区、梅县区、大埔县、五华县、平远县、蕉岭县； 汕头市：潮阳区； 揭阳市：普宁市； 汕尾市：城区、红海湾区、海丰县、陆河县、陆丰市； 惠州市：惠城区、惠阳区、博罗县、惠东县、龙门县、大亚湾区、仲恺高新区； 东莞市； 深圳市：罗湖区、福田区、南山区、宝安区、龙岗区、盐田区、光明新区、坪山新区、龙华新区、大鹏新区； 珠海市：香洲区、斗门区、金湾区； 中山市； 江门市：蓬江区、江海区、新会区、鹤山市； 佛山市：禅城区、南海区、三水区、高明区； 肇庆市：封开县、四会市； 云浮市：新兴县； 阳江市：江城区、阳西县、阳东县、阳春市； 茂名市：茂南区、茂港区、电白县、高州市、信宜市； 湛江市：廉江市、吴川市。
广西壮族自治区	南宁市：兴宁区、青秀区、江南区、西乡塘区、良庆区、邕宁区； 桂林市：叠彩区、阳朔县； 柳州市：城中区、鱼峰区、柳江县； 梧州市：万秀区、龙圩区、长洲区、苍梧县、藤县、蒙山县、岑溪市； 贵港市：港北区、港南区、桂平市； 玉林市：玉州区、容县、陆川县、北流市； 钦州市：钦南区、钦北区、灵山县、浦北县； 防城港市：防城区； 百色市：右江区； 河池市：金城江区； 来宾市：兴宾区、象州县、金秀县； 贺州市：八步区、昭平县、钟山县、富川县、平桂管理区。
海南省	海口市：琼山区、美兰区； 三亚市； 琼海市；儋州市；文昌市；定安县；澄迈县；陵水县。
四川省	攀枝花市：盐边县； 凉山州：西昌市。
云南省	玉溪市：红塔区； 普洱市：思茅区、宁洱县、墨江县； 楚雄州：元谋县。

红火蚁疫情监测规程

1 范围

本标准规定了红火蚁疫情监测准备、监测区域、监测地点类型、监测时期、监测用品、监测方法、标本鉴定、标本保存、疫情诊断、监测报告以及监测记录与档案保存。

本标准适用于红火蚁疫情监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 20477—2006 红火蚁检疫鉴定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

诱饵 bait

对红火蚁具明显引诱作用的物质。

3.2

蚁丘 mound

红火蚁所构筑并正在或曾经生活过的突起土堆或沙堆。

3.3

蚁巢 nest

由蚁丘及其地下结构部分构成，是红火蚁繁殖、活动的场所。

3.4

蚁群 colony

由红火蚁多个社会阶层构成的具有持续存在能力的团体。

3.5

活蚁巢 active nest

受到扰动后 60 s 内有 3 头以上红火蚁爬出活动的蚁巢。

4 监测准备

收集当地与红火蚁相关的信息并进行整理、分析，制定监测计划。

5 监测区域

5.1 发生区

重点监测发生疫情的有代表性地块和发生区边缘地带，掌握红火蚁的发生动态和扩散趋势。

5.2 未发生区

重点监测高风险区域，如连通疫情发生区的交通道路沿线、近年来从红火蚁发生区调入高风险物品（包括草皮等绿化植被、栽培介质、回收费品、运载工具等）的地区，了解红火蚁是否传入。

6 监测地点类型

重点监测草坪、绿化带、苗圃、果园、荒地、堤坝、垃圾场、废品回收加工场、高尔夫球场、货场以及可能调入绿化植被、回收废品、木材、肥料等的场所。

7 监测时期

最佳监测时期为气温在 20℃~32℃ 的时间段,各地可根据当地气温情况作出相应调整。

8 监测用品

GPS 仪、监测瓶、扩大镜、解剖镜、挖掘工具、长 80 cm~100 cm(直径 0.3 cm~0.4 cm)的铁丝(竹竿、木棍等)、镊子、指形管、样品袋、标签、记录笔等。

75%乙醇、诱饵(如火腿肠)。

9 监测方法

9.1 未发生区

9.1.1 访问调查

访问医务人员、居民等,了解当地是否出现过蚂蚁叮蜇伤人事件。

向当地农事操作人员及绿化植被维护人员了解,是否看见地面有隆起的蚁巢。

向当地管理人员了解,近年来是否从红火蚁发生区调入过高风险物品。

每个社区或行政村随机访问调查 10 人以上,记录可疑蚁害发生地点、发生时间。对访问调查过程发现的可疑地点进行重点踏查。

9.1.2 踏查

结合访问调查结果进行,在调查区域内察看或用铁丝等拨开障碍物观察有无可疑的蚁丘。如有蚁丘,则用铁丝等插入蚁丘 5 cm~10 cm,观察是否有蚁群迅速出巢并表现出攻击行为的现象。

采集蚂蚁标本(方法参见附录 A),参照附录 B 进行现场鉴定或送室内鉴定。

经鉴定确认为红火蚁的,填写《红火蚁调查记录表》(参见附录 C),并用 GPS 仪对发生区进行准确定位,进一步按照发生区的要求进行监测。

9.2 发生区

9.2.1 发生范围监测

参照 9.1 各方法采取访问调查和踏查。

9.2.2 发生动态监测

9.2.2.1 诱饵制作及用量

用新鲜的火腿肠作为诱饵。将火腿肠切成约 1 cm 厚、直径 2 cm 的薄片,放入专用或自制的监测瓶中,并固定在地面进行诱集。

9.2.2.2 监测瓶的放置与使用

监测瓶的放置应覆盖发生区内所有的村庄或社区,每个村庄或社区在各种类型场所设置 3 个以上监测点。每个监测点随机放置 5 个监测瓶,监测瓶应尽量放置在有蚂蚁活动的地方,瓶间相距 10 m。对于条状的区域(如绿化带)则每 10 m 左右放置 1 个监测瓶。

将监测瓶置于地面 30 min 后,收集诱集到的蚂蚁,进行鉴定和计数,必要时制成标本。经鉴定确认为红火蚁后填写《红火蚁诱集监测记录表》(参见附录 D)。

10 标本鉴定

现场鉴定难以下结论的,取样带回实验室作进一步鉴定(方法参见 GB/T 20477—2006)。监测单位不能鉴定种类时,送省级植物检疫机构或其指定的专业机构鉴定。送检时应填写《有害生物样本送检表》(参见附录 E)。首次鉴定的标本应妥善保存。

11 标本保存

将采集到的红火蚁标本置于小塑料瓶中,加入 75%乙醇后密封,并贴上标签。标签上注明采集时间、采集地点、采集单位、采集人。

12 疫情诊断

在红火蚁发生区,根据访问调查、踏查及发生动态监测结果确定红火蚁发生程度(参见附录 F)。

13 监测报告

红火蚁发生区的植物检疫机构对监测结果进行整理汇总形成监测报告,并逐级上报。本区域内发现新疫情或原有红火蚁疫情暴发,应立即报告。

14 监测记录与档案保存

详细记录、汇总调查监测结果。各项调查监测的原始记录等材料妥善保存于植物检疫机构。

附录 A

(资料性附录)

从蚁巢中采集红火蚁的方法

A.1 采集工蚁

采集过程中,采样者应戴手套以防蚂蚁叮咬。用手指在采样瓶开口的内缘处涂上滑石粉,将瓶子的下半部分插入蚁巢,15 min 后盖上盖子。如果瓶中的红火蚁数不足 10 头,可用镊子收集尽可能多的蚂蚁。

A.2 采集蚁后

春秋季,早晚温差较大时,如果前晚温度较低,取样时天气晴朗、温度较高时,可用铲子挖取蚁丘早晨向阳部位的表土层几厘米,采集蚁后。当冬季温度过低、夏季温度过高时,蚁后会下移到蚁巢深处,需挖开蚁巢仔细寻找。

可在采样瓶中加入 75%乙醇浸泡标本,不同蚁巢的红火蚁标本需分别保存。用记号笔在瓶上标记瓶号、采样地点和日期。

附录 B
(资料性附录)
红火蚁蚁巢和危害特征

B.1 蚁巢特征

鉴别红火蚁可依据其建巢特点作出判断。红火蚁具完全地栖型蚁巢,成熟蚁巢是以土壤堆成的高10 cm~30 cm,直径30 cm~50 cm的蚁丘。新形成的蚁巢要在4个月~9个月后才出现明显小土丘状的蚁丘,但在红火蚁种群发展成熟前蚁丘并不明显。当蚁巢受到干扰时,红火蚁会迅速出巢攻击入侵者。在野外,蚁丘的特点和红火蚁的攻击特性是红火蚁判断的依据之一。

B.2 危害特征

红火蚁主要以螫针叮蜇和口器咬伤方式,危害植物、动物、人体。人体被其叮蜇后会有火灼般疼痛,其后患处会出现水泡,8 h~24 h后水泡可能会化脓形成脓疱。若脓疱破掉,则容易引起二次感染。如敏感体质人群遭受红火蚁叮蜇,红火蚁注入体内的毒液可造成被攻击者过敏,并可能引起休克、甚至死亡。

附录 C
(资料性附录)
红火蚁调查记录表

表 C.1 红火蚁调查记录表

调查单位(盖章)			
调查地点	县(市) 乡(镇) 村		
	东 经	北 纬	海拔高度/米
调查方法		调查地点类型	
调查面积/m ²		代表面积/m ²	
蚁巢数量		蚂蚁是否具有攻击性	
受害群众人数		最早发现时间	
样本采集编号		初步鉴定结论	
调查记录人		调查日期	年 月 日

附 录 D
(资料性附录)
红火蚁诱集监测记录表

表 D.1 红火蚁诱集监测记录表

监测单位(盖章)			监测人	
监测地点(乡镇/村)			监测查日期	
监测地点类型			代表面积/m ²	
监测点序号	监测瓶序号	可疑蚂蚁数量	红火蚁数量	

附 录 E
(资料性附录)
有害生物样本送检表

表 E.1 有害生物样本送检表

送样单位(盖章)							
通讯地址					邮 编		
送 样 人		电 话		传 真		E-mail	
标本编号		标本类型		样本数量			
采 样 人				采集地点			
海拔高度		寄主植物			采集方式		
采集场所		处理方式			危害部位		
危害状描述(或图片)							

附录 F
(资料性附录)
红火蚁发生程度分级

F.1 按单位面积活蚁巢数量分级

在红火蚁发生区域随机选择 3 个以上 500 m² 大小的区域,记录活蚁巢数量。

以单位面积的活蚁巢数量作为分级标准,分为以下 5 级:

一级:轻度,平均每 100 m² 活蚁巢数为 0 个~0.1 个。

二级:中度,平均每 100 m² 活蚁巢数为 0.11 个~0.5 个。

三级:中偏重,平均每 100 m² 活蚁巢数为 0.51 个~1.0 个。

四级:重,平均每 100 m² 活蚁巢数为 1.1 个~10 个。

五级:严重,平均每 100 m² 活蚁巢数大于 10 个。

F.2 按诱集工蚁数量分级

将监测瓶诱集的红火蚁工蚁数量分为以下 5 级:

一级:轻,平均每监测瓶红火蚁数为 20 头以下。

二级:中,平均每监测瓶红火蚁数为 20.1 头~100 头。

三级:中偏重,平均每监测瓶红火蚁数为 100.1 头~150 头。

四级:重,平均每监测瓶红火蚁数为 150.1 头~300 头以上。

五级:严重,平均每监测瓶红火蚁数为 301 头以上。

按以上方法进行调查监测时如单位面积活蚁巢数量级别和诱集工蚁数量级别不一致时以发生较重的级别为准。

红火蚁化学防控技术规程

1 范围

本标准规定了农业植物检疫中红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 化学防控策略、防控适期、防控技术和注意事项等。

本标准适用于红火蚁的化学防控。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 23626-2009 红火蚁疫情监测规程

GB/T 17980.149-2009 农药 田间药效试验准则（二） 第 149 部分：杀虫剂防治红火蚁

3 原理

3.1 分类地位

红火蚁属膜翅目 Hymenoptera，蚁科 Formicidae，火蚁属 *Solenopsis*。

3.2 防控策略

按防控目标要求，结合地理环境，科学全面地监测红火蚁发生情况，确定防控的重点和具体方法；主要采用点面结合、诱杀为主的技术选择合适的药剂防治红火蚁，并对发生区内高风险调出物品进行检疫处理；科学评价防控效果，指导下一步的防控工作，是红火蚁化学防控的主要策略。

4 防控适期

根据本地气候条件，每年开展 2 次全面防控。第一次防治在春季红火蚁婚飞前或婚飞高峰期进行，第二次全面防治选择在夏、秋季气候条件适宜时进行。

5 防控技术

5.1 毒饵诱杀法

5.1.1 毒饵制备

将缓效杀虫剂和玉米粒、豆油等蚁类食物引诱材料混合制成毒饵，或者使用配制好的成品蚁药。

5.1.2 点施毒饵

红火蚁发生程度在二级及以下的发生区，可使用点施毒饵法防治单个蚁巢。将毒饵环状或点状

投放于蚁巢外围 50 cm~100 cm 处，对所有可见的活蚁巢进行防治。根据活蚁巢大小和毒饵制剂商品使用说明确定毒饵用量，一般直径在 20~50 cm 的蚁巢使用商品标签推荐用量的中间值；当蚁巢直径明显大于 50 cm 或小于 20 cm 时，增加或减少 1/2 毒饵用量。

5.1.3 撒施毒饵

红火蚁发生程度在三级及以上的发生区，可在整个发生区均匀撒施毒饵进行防治。根据活蚁巢密度、诱饵法监测到的工蚁密度和毒饵制剂商品使用说明确定毒饵用量，1hm² 面积最低用量是防治单个活蚁巢的推荐用量中间值的 100 倍左右。

5.1.4 综合施用

在红火蚁严重发生的区域，活蚁巢密度大、分布普遍时可采用防治单个蚁巢和整个区域相结合的综合施用法，并适当加大毒饵用量。

5.1.5 补施毒饵

根据防控效果，在使用毒饵防控红火蚁 2 周后，对活蚁巢与诱集到工蚁的地点再次施用毒饵进行防治，慢性毒性的药剂可在 3 个星期后补施。在活蚁巢、诱集到工蚁的地点及其附近小区域内采用点施的方法撒施毒饵。毒饵用量按推荐用量的下限值使用。

5.2 药液灌巢法

使用药液灌巢法处理单个蚁巢。将药剂按照其商品使用说明配制成规定浓度的药液。施药时以活蚁巢为中心，先在蚁巢外围近距离淋施药液，形成一个药液带，再将药液直接浇在蚁丘上或挖开蚁巢顶部后迅速将药液灌入蚁巢，使药液完全浸湿蚁巢土壤并渗透到蚁巢底部。根据蚁巢大小确定药液用量，保证充分湿润全部蚁巢。

5.3 颗粒剂和粉剂灭巢法

5.3.1 颗粒剂

将颗粒剂均匀地撒布于蚁丘表面和附近区域，并迅速洒水将其冲入蚁巢内部。应至少重复洒水 3 次以上，每 2 天洒水一次。

5.3.2 粉剂

破坏蚁巢，待工蚁大量涌出后迅速将药粉均匀撒施于工蚁身上，通过带药工蚁与其它蚁之间的接触，传递药物，进而毒杀全巢。

5.4 调出物品的化学药剂除害方法

5.4.1 种苗、花卉、草坪（皮）等

红火蚁发生区种苗、花卉、草坪（皮）等物品调出前均须经触杀性药剂浸渍或灌注处理至完全湿润。

5.4.2 垃圾、肥料、栽培介质、土壤等

红火蚁发生区垃圾、肥料、栽培介质、土壤等物品调出时须施放颗粒剂进行处理，药剂有效成分占总体积 0.001%~0.0025%，施药后搅拌均匀并洒水使物品湿润。

6 防控药剂

应选择安全、低毒、低残留的药剂进行红火蚁防控。一些杀虫剂对防治红火蚁有效，参见附录 A。

7 防控效果评定

根据《红火蚁疫情监测规程》（GB/T23626-2009）和《农药田间药效试验准则（二）第 149 部分：杀虫剂防控红火蚁》（GB/T 17980.149-2009）的 5.2 部分监测红火蚁发生数量、评定防控效果，防控技术实施后 2~6 个星期内对发生区进行全面调查 1 次。

8 注意事项

8.1 天气条件

应在无风到微风天气情况下使用粉剂。在晴天，气温为 21~34℃或者地表温度为 22~36℃，地面干燥时投放毒饵；洒水后、雨天及下雨前 12 h 内不能投放。

8.2 操作

勿将毒饵与其它物质（如肥料）混合使用，并保持毒饵新鲜干燥。使用药液灌巢法时在灌巢前不要扰动蚁丘。

8.3 安全保护

防治技术实施人员要做好防护工作，避免被红火蚁蜇伤或农药中毒。在施药区应插上明显的警示牌，避免造成人、畜中毒或其他意外。在水源保护区、水产养殖区、养蜂区、养蚕区等使用农药防控红火蚁时注意选择药剂种类，避免对有益生物的杀伤和环境污染。

9 档案管理

防控时应建立工作档案，记录包括施用药剂品种、数量、次数、施药时间、防控面积、防效调查方法及调查次数、各次调查的活蚁巢密度、工蚁密度、防控效果等。

附录 A

（资料性附录）

红火蚁防控有效药剂

A1 昆虫生长调节剂类

吡丙醚 pyriproxyfen, 烯虫酯 methoprene, 氟苯脲 teflubenzuron

A2 拟除虫菊酯类

联苯菊酯 bifenthrin, 氟氯氰菊酯 cyfluthrin, 高效氟氯氰菊酯 beta-cyfluthrin, 氰菊酯 cypermethrin, 高效氰菊酯 beta-cypermethrin, 溴氰菊酯 deltamethrin, 氰戊菊酯 fenvalerate, 氟胺氰菊酯 fluvalinate, 氯氟氰菊酯 lambda-cyhalothrin, 氯菊酯 permethrin, 生物烯丙菊酯 bioallethrin, es-氰戊菊酯 es-fenvalerate, 七氟菊酯 tefluthrin, 四溴菊酯 tralomethrin, 烯丙菊酯 allethrin, 苜呋菊酯 resmethrin, 聚醚菊酯 sumithrin, 胺菊酯 tetramethrin

A3 抗生素类

阿维菌素 avermectin, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 emamectin benzoate, 多杀菌素 spinosad, 乙基多杀菌素 spinetoram

A4 恶二嗪类

茚虫威 indoxacarb

A5 新烟碱类

吡虫啉 imidacloprid

A6 脒脞类

氟蚁脞 hydramethylnon

A7 有机氟类

氟虫胺 sulfuramid, 硫氟磺酰胺 flursulamid

A8 苯基吡唑类

氟虫腈 fipronil

A9 有机磷类

毒死蜱 chlorpyrifos, 二嗪磷 diazinon, 乙酰甲胺磷 acephate, 甲基异柳磷 isofenphos, 敌敌畏 dichlorvos

A10 氨基甲酸酯类

甲萘威 carbaryl, 苯氧威 fenoxycarb, 残杀威 propoxur

A11 植物性

除虫菊酯 pyrethrins, 鱼藤酮 rotenone

注：以上有效成分是基于国内外对红火蚁防控药剂的相关科学研究及使用经验提出，应根据农药管理要求并结合防治实践情况选择使用。