



# Formosan Entomologist

Journal Homepage: [entsocjournal.yabee.com.tw](http://entsocjournal.yabee.com.tw)

The Impact of the Red Imported Fire Ant, *Solenopsis invicta*, and Bait Treatment on the Diversity of Native Ants-a Case Study at National Taipei University, Sanshia Campus **【Research report】**

入侵紅火蟻與餌劑處理對於當地螞蟻多樣性的影響 - 以台北大學三峽校區為例 **【研究報告】**

Yu-Hsuan Tsai<sup>1, 2</sup>, Chin-Cheng Yang<sup>1</sup>, Chun-Chi Lin<sup>3</sup>, and Cheng-Jen Shih<sup>1\*</sup>

蔡雨軒<sup>1, 2</sup>、楊景程<sup>1</sup>、林宗岐<sup>3</sup>、石正人<sup>1\*</sup>

\*通訊作者E-m

# 入侵紅火蟻與餌劑處理對於當地螞蟻多樣性的影響—以台北大學三峽校區為例

蔡雨軒<sup>1,2</sup>、楊景程<sup>1</sup>、林宗岐<sup>3</sup>、石正人<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 國立台灣大學昆蟲學系 10617 台北市大安區羅斯福路四段 1 號

<sup>2</sup> 台灣道禮股份有限公司屏東試驗站 90099 屏東郵政 140 號信箱

<sup>3</sup> 國立彰化師範大學生物學系 50007 彰化市進德路 1 號

## 摘要

本研究利用台北大學三峽校區入侵紅火蟻撲滅計畫所蒐集之資料進行分析。以掉落式陷阱定量估計當地火蟻及其他螞蟻的活動量，每間隔 2~4 個月進行一次調查，每次調查後，使用火蟻餌劑（後所稱餌劑皆指百利普芬；pyriproxyfen）進行入侵紅火蟻防治，共累積 14 次調查記錄。本研究從中挑選四次調查資料，分別為防治前資料（before controlling period, B period）、防治進行中（controlling period, C period）、防治後（after controlling period, A period）以及防治末期（termination period, T period）進行研究。結果顯示於防治開始後，入侵紅火蟻（簡稱為火蟻）的族群數量大幅下降，直至本研究結束時仍沒有回升。其他當地螞蟻物種於使用藥劑防治入侵紅火蟻後，整體的物種豐度（richness）與個體數量（abundance）受到中等但不顯著的衝擊。以多樣性指數分析，發現防治後當地螞蟻群落多樣性明顯降低，但逐漸有回升的趨勢。直到研究結束為止，多樣性指數仍未達研究初期之水準。當火蟻消失後，當地螞蟻相於持續撒佈餌劑下，雖不能達到防治前期之高峰，但仍顯示出恢復之潛力。從上述資料可推論餌劑的使用確能減輕入侵紅火蟻對於當地螞蟻多樣性衝擊，對維持當地螞蟻群落組成具有正面的助益。此結果顯示，適當使用餌劑進行防治，對當地螞蟻相的影響，比不使用餌劑控制而放任火蟻族群增長還要小。若能根據火蟻密度調查，調整餌劑使用量或施用時期，或者在防治末期，採取不同於餌劑撒佈的防治策略，例如嘗試培植當地具競爭力之螞蟻與火蟻競爭，取代密集的餌劑撒佈，應可控制火蟻數量及蔓延，有機會進行分區撲滅，逐步達成撲滅火蟻的目標。

**關鍵詞：**入侵紅火蟻、生物多樣性、當地螞蟻相、火蟻餌劑。

\*論文聯繫人

Corresponding email: shihcj@ntu.edu.tw

入侵紅火蟻與餌劑影響螞蟻多樣性 263

## 前 言

隨著交通運輸的便利，使得貿易與旅遊的往來更為密切，但也衍生外來物種遷移至其它地理區域的問題。外來物種在沒有外力的情況下，原本無法跨越如高山、海洋等天然的地理障礙，分佈到達該地理區域。根據全球入侵物種資料庫顯示，目前世界百大入侵種中，包含各式動物與植物物種，甚至一些微生物（世界百大入侵物種資料庫網頁：<http://www.issg.org/index.html>）。其中，螞蟻種類達有五種之多，顯示此類群生物具備高度入侵性。此外，因其體型相對較小，且大多為多蟻后社會型（polygyne，巢內具數隻生殖蟻后），若蟻巢經由植栽或其他介質人為攜至其他地區時，以其中具有生殖個體（蟻后）機率而言，多蟻后社會型相較於單蟻后社會型（monogyne，巢內僅具有單一生殖蟻后）來的高，而使抵達後能繼續蟻巢正常之功能，進而提高入侵成功率（Holway *et al.*, 2002）。

原產南美的入侵紅火蟻（*Solenopsis invicta*）是其中危害相當嚴重的物種之一，於 20 世紀初期入侵美國後，七十年間已佔據美國東南方，造成大量之經濟、農業及公共衛生損失。二十一世紀初期，入侵紅火蟻進一步跨過太平洋，入侵澳洲及亞洲等地。在 2003 年底，入侵紅火蟻確定於台灣立足（Hung *et al.*, 2006）。

入侵紅火蟻的定殖，在國外長期的研究顯示，可能造成多方面的衝擊，包括威脅瀕臨絕種的陸龜、改變鱷魚或蜥蜴的生態行為。從生態系的角度來看，對於生態系統有潛在而無法察覺的衝擊（Allen *et al.*, 1994）。雖然，前人研究皆顯示出火蟻對於生態系之負面影響，但在國內仍無相關研究探討入侵紅火蟻對本土生物相之衝擊程度或危害情形。

另一方面，國內目前對於火蟻之防治策略，主要以大量撒佈餌劑（百利普芬；pyriproxyfen）為主，一年約進行 2~4 次施藥。然而此種長期且密集的防治策略，餌劑殘毒及對當地土棲動物的影響，皆引起環境保護或生態保育人士高度關切。前人研究指出，於餌劑撒佈後的數分鐘內，發現小家蟻（*Monomorium minimum*）前來取食餌劑，導致小家蟻族群密度改變，同時降低當地的螞蟻多樣性（Vogt *et al.*, 2005）。因此，施用餌劑防治火蟻對於當地土棲螞蟻造成之衝擊，是否造成生態漏洞，使原本撲滅成功的區域，反而更容易遭受火蟻的再次入侵或猖獗，是現階段大規模餌劑防治框架下值得注意的問題。

本研究利用台北大學三峽校區長期監測當地螞蟻相之資料，深入分析入侵紅火蟻及本土螞蟻於不同施藥時期（防治前、防治進行中、防治後以及防治末期）之消長關係，試圖瞭解入侵紅火蟻及餌劑施用對於本土螞蟻相之衝擊。此外，並嘗試釐清三者間的相互關係，除了提供火蟻入侵如何裂解本土生態系（尤其為螞蟻相）之直接證據外，仍能進一步闡明餌劑於火蟻防治上所扮演之角色，期能提供防治單位未來策劃撲滅或防治方案時，能夠有更周全的考量。

## 材料與方法

### 一、樣本來源概述

本研究樣本來源，取自國家入侵紅火蟻防治中心（簡稱火蟻中心）於國立台北大學三峽校區，進行撲滅計畫之前導試驗。在前導試驗後，當地仍持續進行長期防治與監測，因此採用該中心長期監測的樣本進行研究。

## 二、試驗地點概述

根據人類活動的頻率、植物的覆蓋率、工程的擾動程度等不同特性，將台北大學三峽校區分為 A、B、C 和 D 四個大區。四區普遍施撒餌劑進行入侵紅火蟻的防治，每個大區又分成數個小區 (sub-area)，每個小區之間以校內道路做區隔 (圖一)。D 區為學校邊陲地區，大多為施工中的區域，遠離教職員工生主要活動地區，因此，於防治計畫開始初期，即設定為不施藥的對照組，可做為其餘區域施藥效果評估的對照 (Hung *et al.*, 2006)，但因施工及環境之限制下，D 區內僅 D4 能夠埋設陷阱，所以 D 區資料只包含 D4。由於 D 區仍位於校內，若完全不採取任何防治措施並不恰當，為了避免教職員工生遭受火蟻侵擾且兼顧防治效果對照，火蟻中心於 D 區僅採取延遲施藥作為對照，而非完全不使用藥劑。因此，餌劑處理較 A、B、C 區晚約半年。在 A、B、C 區內，自 2004 年 11 月 10 日起開始使用餌劑，但 D 區在此時則完全沒有做餌劑處理，而 D 區第一次施用餌劑在 2005 年 6 月 20 日。自從各區第一次施藥過後，皆定期每二至四個月監測後並施藥一次。

## 三、螞蟻相調查

每次施用餌劑前，使用掉落式陷阱進行樣本採集，調查時間自 2004 年 11 月至 2007 年 7 月，並根據天候狀況進行調整，每次調查間隔 2 至 4 個月。掉落式陷阱的設置位置與數量，會因土方移動或樣區地貌的改變 (如割草或學生活動) 而有些許不同，但每次皆維持約 850 個取樣數。

本研究共計採用 14 次調查資料進行分析。根據施藥時期，分別劃分為防治前資料 (before controlling period, B period)、防治進行中 (controlling period, C period)、防治

後 (after controlling period, A period) 以及防治末期 (termination period, T period) 等四個時期。B period 為前導試驗的開始，在第 1 次使用餌劑 (2004.11.10) 前進行調查，由於 D 區缺乏第 1 次調查資料，因此 D 區的防治前期資料採用該區第 2 次調查資料 (2004.11.25)。由於防治前的資料 (B period) 為各區在藥劑使用前所蒐集，因此防治前資料呈現的結果並沒有包含餌劑的影響，可做為藥劑使用後效益的比對基準。此外校區內所使用餌劑為昆蟲生長調節劑百利普芬 (pyriproxyfen)，顯著的防治效益需時一至四個月，因此 C period 選擇採用各區第 5 次調查的結果，即第 1 次使用餌劑後約半年，同時第 5 次調查也是 D 區開始施藥前最後一次調查 (即為 D 區的 B period)。A period 選擇於防治中期後的一年半，即為第 12 次調查結果；防治末期 (T period) 則選擇防治後期約半年之後的第 14 次調查結果。

台北大學三峽校區在入侵紅火蟻發生之前，除第一次調查資料以外，並無螞蟻相長期調查資料，因此無法得知未受入侵紅火蟻影響前的螞蟻群落結構以及優勢物種，故討論僅能夠針對與 D 區未處理的狀態進行對照比較，或比較單一區域內不同防治時期的差異，而無法回推入侵前的群落狀態，並討論入侵與非入侵的差異與衝擊，而本文討論的著眼點為餌劑使用後的改變。

## 四、螞蟻物種鑑定及統計分析

利用台灣螞蟻物種檢索表 (Lin and Wu, 2003)，鑑定於掉落式陷阱所捕捉到之螞蟻，並計數入侵紅火蟻及非入侵紅火蟻的其他螞蟻 (附錄一)。除了估計火蟻及當地螞蟻物種於不同時期內的豐度 (richness) 及數量外 (abundance)，另採用 Species Diversity and



圖一 台北大學試驗分區圖，紅色區域內 A 試驗區、黃色區域內為 B 試驗區、綠色及藍色分別代表 C 及 D 試驗區。  
Fig. 1. Map of National Taipei University showing the partition of the experimental areas.

表一 入侵紅火蟻在防治過程四階段個體總數及每一取樣個體平均數

Table 1. Total and average number of RIFA sampled during 4 different control periods

	B-period <sup>1</sup> (A, B and C area)	C-period <sup>2</sup>	A-period <sup>3</sup>	T-period <sup>4</sup>
Total number of RIFA	37632	2052	109	2
Number of tubes	814	783	754	646
Average no. of RIFA per tube	46.23	2.62	0.14	0.003
Date of monitoring	2004.11.03	2005.06.03	2006.12.11	2007.07.03

<sup>1</sup>B-period in this table denotes the before control period of A, B, and C area.

<sup>2</sup>C-period denotes the control period.

<sup>3</sup>A-period denotes the after control.

<sup>4</sup>T-period denotes termination period.

表二 D 區入侵紅火蟻在防治過程四階段個體總數及每一取樣內個體平均數

Table 2. Total and average number of RIFA sampled during 4 different control periods in D area

	B-period <sup>1</sup> (D area)	C-period <sup>2</sup>	A-period <sup>3</sup>	T-period <sup>4</sup>
Total number of RIFA	18	29	0	0
Number of tubes	21	21	21	21
Average no. of RIFA per tube	0.86	1.38	0	0
Date of monitoring	2004.11.25	2005.06.03	2006.12.11	2007.07.03

<sup>1</sup>B-period in this table denotes the before control period of only D area.

<sup>2</sup>C-period denotes the control period.

<sup>3</sup>A-period denotes the after control.

<sup>4</sup>T-period denotes termination period.

Richness 3.02 (Henderson & Seaby, 2002) 進行三種多樣性指數的估算，包括 Shannon-Wiener index、Simpson index 及 Burger-Parker dominance index (Stiling, 2002)，量測各區各時期之多樣性變化。

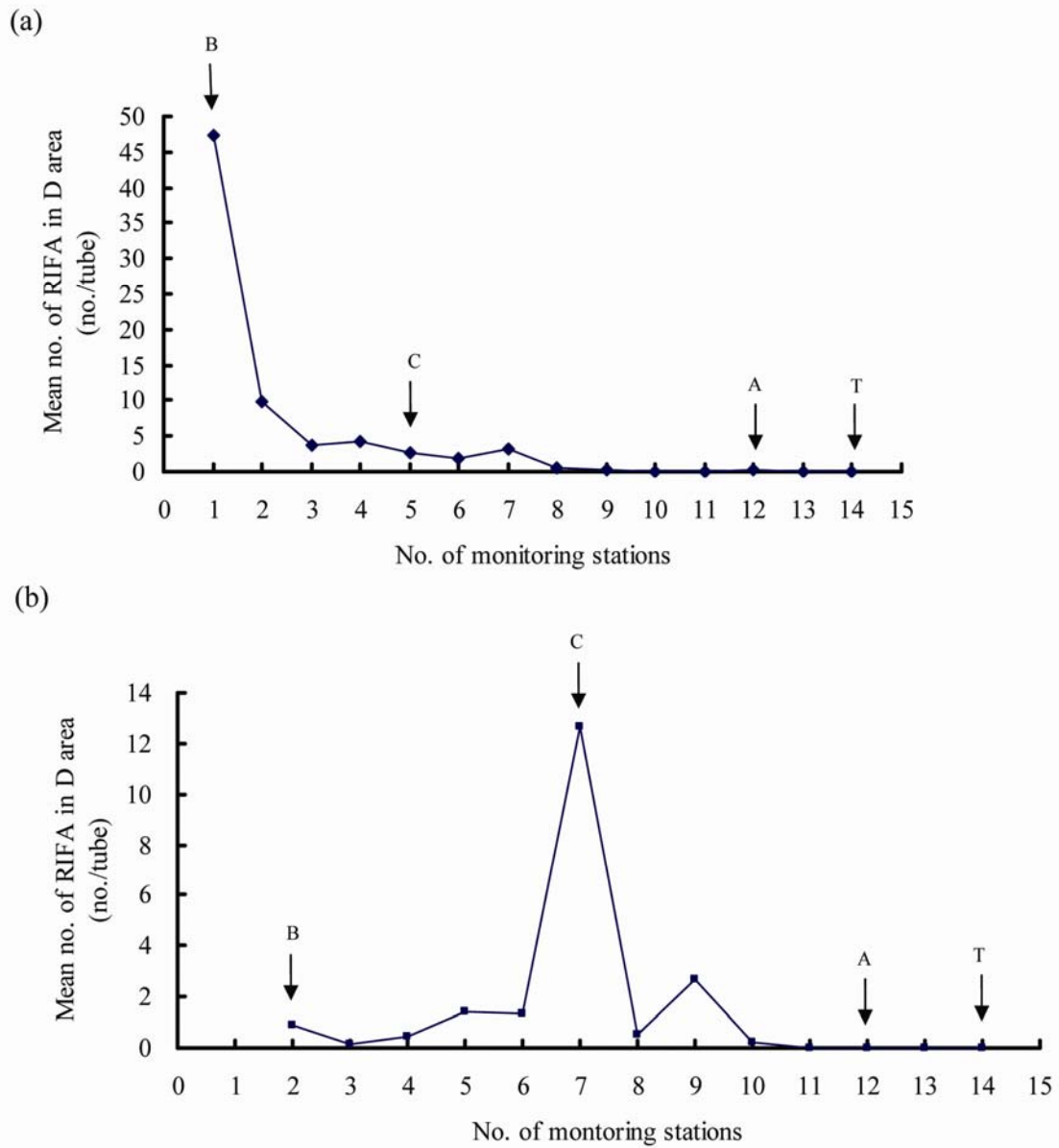
## 結 果

### 一、入侵紅火蟻及本土螞蟻之豐度及數量變化

以台北大學全區而言，B period 平均每個掉落式陷阱可採集到 46.23 隻入侵紅火蟻，並隨著調查時期增加而逐步下降，平均個體數量分別為 2.62 隻 (C period)、0.14 隻 (A period) 及 0.003 隻 (T period) (表一)。

延遲防治的對照組 D 區，在 B period (D 區的 B period 採用第二次調查結果) 所捕獲的入侵紅火蟻，每個陷阱的平均火蟻數量為 0.86 隻，在 C period 卻上升至 1.38 隻個體，防治後調查的 A 和 T period 則沒有捕獲任何入侵紅火蟻 (表二)。若觀察 14 次資料的變化，發現 A、B、C 三區在防治開始之後 (第一次調查後)，入侵紅火蟻族群數量迅速下降，維持至第 14 週調查都沒有恢復；而 D 區則在其防治後 (第五次調查後)，於第七次調查呈現大幅上升，但下降後也同樣幾乎消失直到本研究結束 (圖二)。

調查期間共計紀錄 33 種當地螞蟻 (表三、附錄一)，但其中僅有中華單家蟻



圖二 台北大學全區與 D 區入侵紅火蟻平均數量連續變化圖。

Fig. 2. Fluctuation of mean numbers showing the changes in all areas of National Taipei University and control area (D) only.

(*Monomorium chinense*)、柯氏黃山蟻  
(*Paratrechina kraepelini*)、熱烈大頭家蟻

(*Pheidole fervens*) 及黃腳黃山蟻 (*P. flavipes*) 數量超過非入侵紅火蟻的螞蟻總數

表三 四防治時期所記錄的物種

Table 3. The recorded ant species of 4 control periods

Speices	B-period <sup>1</sup>	C-period <sup>2</sup>	A-period <sup>3</sup>	T-period <sup>4</sup>
<i>Iridomyrmex anceps</i>	•	•	•	•
<i>Ochetellus glaber</i>	•			
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	•	•	•	•
<i>Techomyrmex albipes</i>		•		•
<i>Anoplolepis longipes</i>			•	•
<i>Campontus friedae</i>			•	
<i>Campontus lighti</i>			•	
<i>Campontus siemsseni</i>	•	•	•	•
<i>Campontus tokioensis</i>	•		•	•
<i>Campontus treubi</i>	•	•	•	•
<i>Polyrhachis dives</i>	•	•		
<i>Paratrechina flavipes</i>	•	•	•	•
<i>Paratrechina kraepelini</i>	•	•	•	•
<i>Paratrechina longicornis</i>	•		•	
<i>Cardiocondyla noda</i>	•	•	•	•
<i>Cardiocondyla parvinoda</i>	•	•	•	•
<i>Crematogaster lborisa</i>			•	
<i>Crematogaster sbmuda formosae</i>			•	
<i>Monomorium chinense</i>	•	•	•	•
<i>Pheidole ernesti</i>	•	•	•	
<i>Pheidole fervens</i>	•			•
<i>Pheidole megacephala</i>	•	•		•
<i>Pheidole rinae tipuna</i>	•	•	•	•
<i>Pristomyrmex pungens</i>	•		•	•
<i>Pyramica membranifera</i>		•		
<i>Recurvidris recurvispinosa</i>	•		•	
<i>Sloenopsis tipuna</i>	•	•	•	•
<i>Tetramorium nipponense</i>	•	•	•	
<i>Rhoptromyrmex wroughtonii</i>			•	•
<i>Hypoponera biroi</i>	•		•	•
<i>Hypoponera gleadowi</i>	•		•	•
<i>Pachycondyla javanus</i>			•	•
<i>Pachycondyla luteipes</i>	•	•	•	•
No. of species	24	18	27	22

<sup>1</sup> B-period in this table denotes the before control period of all area.

<sup>2</sup> C-period denotes the control period.

<sup>3</sup> A-period denotes the after control.

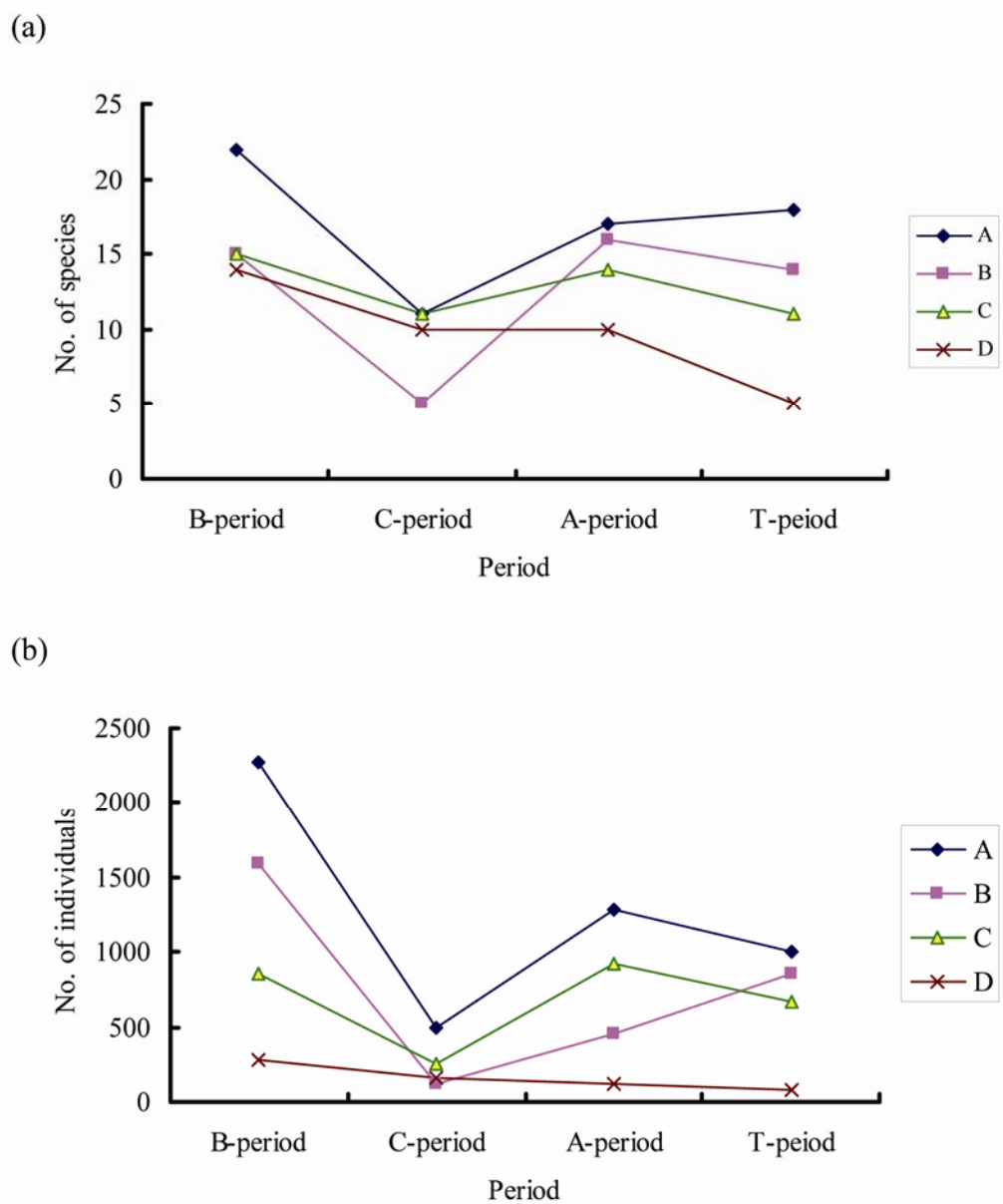
<sup>4</sup> T-period denote termination period.

之 5%，其中又以中華單家蟻佔 61.3% 為最多，可視為台北大學內之優勢螞蟻物種。柯氏黃山蟻、熱烈大頭家蟻及黃腳黃山蟻佔螞蟻總

數百分比，分別為 9.4、6.5 及 6.2%，可視為亞優勢物種。

就當地螞蟻豐度或是數量而言，四個防治



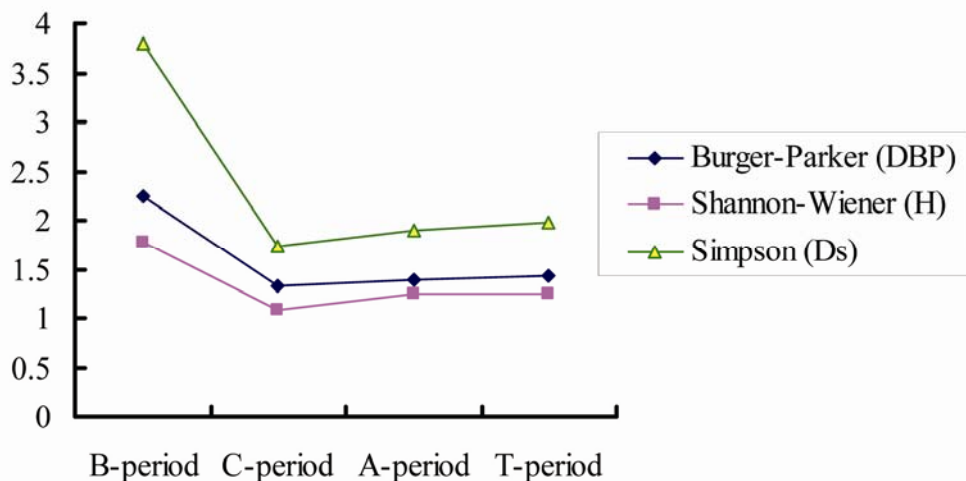


圖三 台北大學校區各分區於四階段防治期內，所捕獲非入侵紅火蟻總豐度 (a) 及個體數量 (b) 變動 (B-period 為防治前、C-period 防治進行中、A-period 防治後以及 T-period 防治末期)。

Fig. 3. Fluctuation of ant richness (a) and abundance (b) in each of the experimental areas over 4 periods (B-period denotes the before control period, C-period denotes the control period, and A-period and T-period denote the after control and termination period, respectively).

時期之間略有波動，除了對照組 D 區外，其餘三區皆呈現類似之變動趨勢：以 B period

最高，進入 C period 後下降約 50%，至 A period 時回升至 B period 的 80%，直到進



圖四 各防治階段中，非入侵紅火蟻三種多樣性指數之變動 (B-period 為防治前、C-period 防治進行中、A-period 防治後以及 T-period 防治末期)。

Fig. 4. Changes in three different diversity indices of all non-RIFA ants across 4 periods (B-period denotes the before control period, C-period denotes the control period, and A-period and T-period denote the after control and termination period, respectively).

入 T period 仍無太大變化 (圖三)。D 區之豐度或是數量皆呈現隨防治時期增加而逐漸下降之趨勢。

## 二、本土螞蟻多樣性指數分析

利用三種不同特性的多樣性指數，分析台北大學三峽校區整體螞蟻群落的多樣性，結果顯示 B period 之多樣性指數，不論採用何種計算方式都為四次調查最高，而 C period 的多樣性指數為四次最低。在開始防治之後，整體的螞蟻多樣性先降低之後再上升，但是直到 T period 結束為止，整體多樣性仍尚未達到防治初期的水準 (圖四)。此現象符合以豐度或數量為估值之變化趨勢，顯示雖然不同多樣性估值之立論背景或加權重點不一，但於本研究中皆能呈現一致的結果，也進一步強化本研究分析之信賴度。

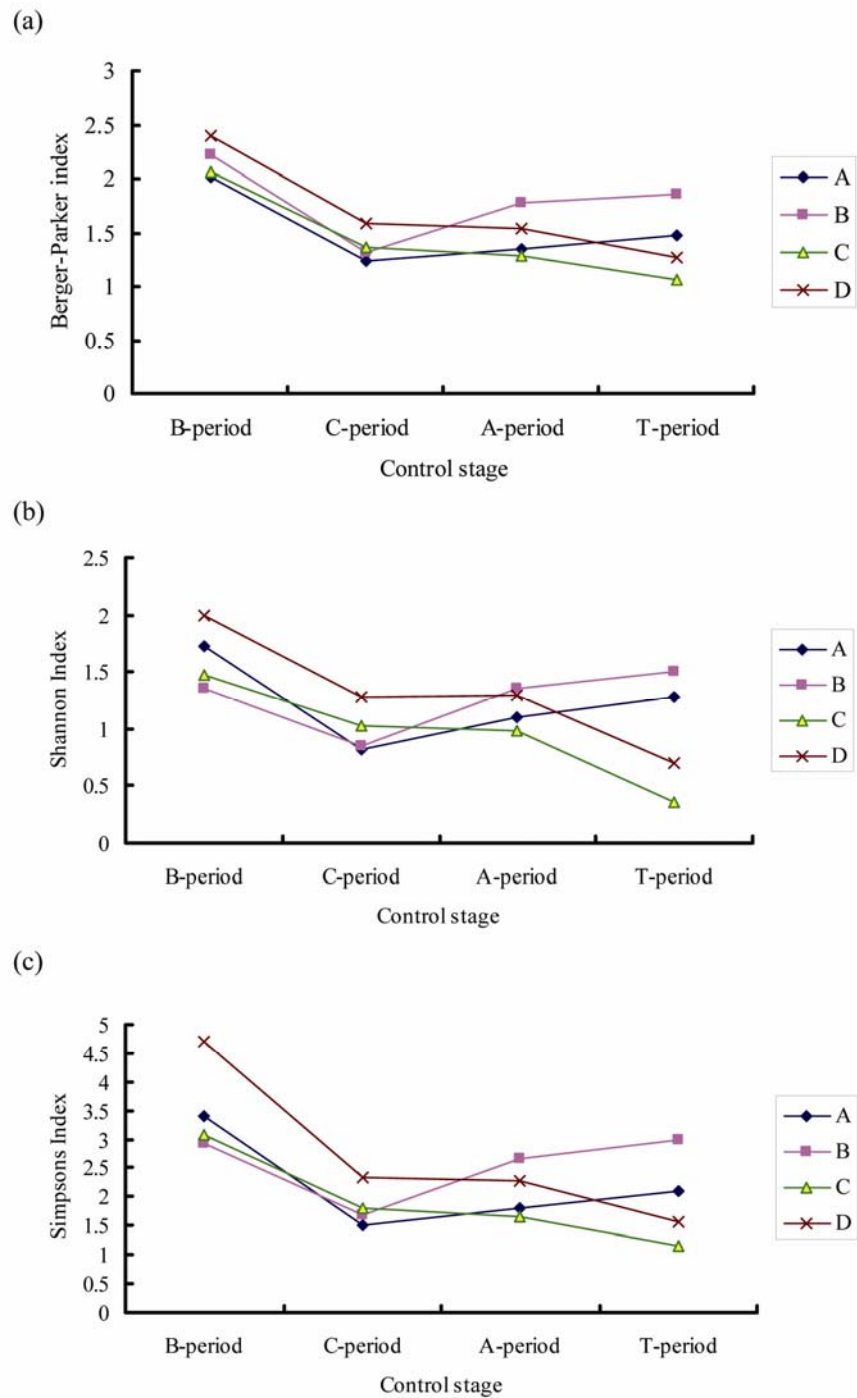
在相同防治程序的區域內 (A、B 和 C 區)，A、B 兩區不論以 Burger-Parker

dominance index、Shannon-Wiener index 或 Simpson index 來看，於開始防治後皆呈現先下降後上升的趨勢，但仍無法達到 B period 的水準。唯 C 區內三種指數皆呈現防治後生物多樣性持續下降之形式。對照組 D 區之三樣多樣性指數，皆以防治初期為最高，而防治末期為最低。除了 Shannon-Wiener index 在防治中期與後期之間，有極小幅度的上升以外，其餘皆呈現出防治後多樣性減少的結果 (圖五)。

## 討 論

### 一、餌劑對入侵紅火蟻之影響

入侵紅火蟻在本研究開始時，為台北大學三峽校區內最為優勢的螞蟻物種。第 1 次調查前 (B period)，在當地並沒有使用防治的餌劑 (D 區則是在第 5 次調查之前未使用餌劑，約較 A、B、C 晚處理約半年)。根據 Hung



圖五 台北大學防治期間四階段各區生物多樣性指數變化圖。

Fig. 5. Fluctuation of three biodiversity indices (Burger-Parker dominance index, Shannon-Wiener index, and Simpson index) showing the changes in diversity of all non-RIFA ants across 4 periods on the campus of National Taipei University.

附錄一 台北大學所有記錄的螞蟻物種名錄 (包括入侵紅火蟻)

Appendix 1. The list of all recorded ant species (including *Solenopsis invicta*)

琉璃蟻亞科	DOLICHODERINAE
1. 蓬萊虹琉璃蟻	1. <i>Iridomyrmex anceps</i>
2. 光滑管琉璃蟻	2. <i>Ochetellus glaber</i>
3. 黑頭慌琉璃蟻	3. <i>Tapinoma melanocephalum</i>
4. 白足扁琉璃蟻	4. <i>Techomyrmex albipes</i>
山蟻亞科	FORMICINAE
5. 長腳捷山蟻	5. <i>Anoplolepis longipes</i>
6. 大黑巨山蟻	6. <i>Campontus friedae</i>
7. 賴氏巨山蟻	7. <i>Campontus lighti</i>
8. 希氏巨山蟻	8. <i>Campontus siemsseni</i>
9. 東京巨山蟻	9. <i>Campontus tokioensis</i>
10. 丁氏巨山蟻	10. <i>Campontus treubi</i>
11. 黑棘山蟻	11. <i>Polyrhachis dives</i>
12. 黃腳黃山蟻	12. <i>Paratrechina flavipes</i>
13. 柯氏黃山蟻	13. <i>Paratrechina kraepelini</i>
14. 長角黃山蟻	14. <i>Paratrechina longicornis</i>
家蟻亞科	MYRMICINAE
15. 瘤節瘤突家蟻	15. <i>Cardiocondyla noda</i>
16. 小瘤家蟻	16. <i>Cardiocondyla parvinoda</i>
17. 勤勉舉尾家蟻	17. <i>Crematogaster lborisa</i>
18. 暗褐舉尾家蟻	18. <i>Crematogaster sbmuda formosae</i>
19. 中華單家蟻	19. <i>Monomorium chinense</i>
20. 歐尼大頭家蟻	20. <i>Pheidole ernesti</i>
21. 熱烈大頭家蟻	21. <i>Pheidole fervens</i>
22. 熱帶大頭家蟻	22. <i>Pheidole megacephala</i>
23. 褐大頭家蟻	23. <i>Pheidole rinae tipuna</i>
24. 堅硬雙針家蟻	24. <i>Pristomyrmex pungens</i>
25. 結膜角瘤家蟻	25. <i>Pyramica membranifera</i>
26. 彎針彎家蟻	26. <i>Recurvidris recurvispinosa</i>
27. 入侵紅火蟻	27. <i>Solenopsis invicta</i>
28. 知本火家蟻	28. <i>Sloenopsis tipuna</i>
29. 日本皺家蟻	29. <i>Tetramorium nipponense</i>
30. 駱氏鼓家蟻	30. <i>Rhoptromyrmex wroughtonii</i>
針蟻亞科	PONERINAE
31. 畢氏姬針蟻	31. <i>Hypoconera biroi</i>
32. 格氏姬針蟻	32. <i>Hypoconera gleadowi</i>
33. 爪哇粗針蟻	33. <i>Pachycondyla javanus</i>
34. 黃足粗針蟻	34. <i>Pachycondyla luteipe</i>

*et al.* (2006) 指出自 2004 年 11 月 10 日第 1 次施撒餌劑後，持續防治半年，發現對入侵紅火蟻族群有顯著的防治效率，防治率高達 98% 以上。

直到本研究結束時 (2007 年 7 月 3 日)，台北大學三峽校區的入侵紅火蟻族群並沒有回復的情況，顯示長期使用餌劑防治，的確能夠有效壓制入侵紅火蟻族群密度，甚至達到

區域滅絕的目標。相對於 D4 區的火蟻族群持續波動，在第七次調查時族群密度達到高峰，但在長期（總共為期兩年多的防治結果）且有規劃之餌劑處理下，仍能夠達到防治的效益，直至 T period 後皆沒有任何入侵紅火蟻之採集紀錄。

## 二、餌劑對於當地螞蟻多樣性之影響

從四階段調查結果顯示，各試驗分區（除 D 區外）不論以物種豐度或個體數量而言，皆呈現先下降然後上升之趨勢，唯有 D 區呈現持續下降之情形。進一步以多樣性指數分析，可以發現 A 區與 B 區的多樣性，皆為先下降後上升，但 C 區和 D 區的則為持續下降。值得注意的是，除 D 區外，A、B 及 C 三區試驗處理模式幾近相同，因此，C 區各項多樣性指數的值呈現與 A、B 兩區之差異，可能是由於其地貌組成及螞蟻物種單一化相關。

以台北大學三峽校區之建築物配置圖而言（圖一），C 區主要包含學生宿舍以及各式運動場（棒球、高爾夫球、足球等），且自 2005 年後，搬遷至三峽校區之教職員及學生人數遽增，頻繁之人為活動（干擾）可能使本區之螞蟻相逐漸偏向對於干擾容忍度較高的物種。火家蟻 (*Solenopsis*) 與單家蟻 (*Monomorium*) 兩屬皆被認為是對於干擾環境具有良好適應能力之螞蟻類群 (Holway *et al.*, 2002)，當火蟻受到餌劑防治而自當地逐漸被移除後，當地唯有單家蟻能夠持續於此高頻度干擾之區域存活，而此蟻相單純化之過程，即造成本區之多樣性指數隨調查時間逐漸下降。因此，後續討論皆奠基於干擾程度較低之 A、B 兩區資料，進一步探究火蟻或餌劑對於當地螞蟻相之影響。

於 A、B 兩區中，三種多樣性指數觀察

的結果，皆呈現防治後多樣性大幅下降再緩慢上升的趨勢。此現象可能表示，於完整且密集之防治措施下，使用餌劑之初，的確造成多樣性顯著下降，但隨防治時間而逐漸回復緩和之動態平衡。不過至本研究結束為止，多樣性指數仍遠低於第 1 次調查之水準，且尚未觀察到多樣性回復到餌劑使用前的狀況。但若將火蟻密度變化加入分析，於 C period 後，火蟻密度驟降，原本火蟻族群壓制本地螞蟻族群成長之壓力，可能因而減輕或消失，使本地螞蟻於餌劑持續撒佈之下，族群密度仍能以緩慢的速率逐漸回升。此消長情形，或可推論火蟻對於本地螞蟻多樣性衝擊，遠比餌劑的影響還要嚴重。

比較火蟻及餌劑撒佈對於本地螞蟻之多樣性影響，大規模使用餌劑防治入侵紅火蟻，短期內確實使得其他螞蟻物種多樣性受到衝擊，甚至遠低於當地防治火蟻前之多樣性狀況；若不採取餌劑防治火蟻，本地螞蟻相可能被火蟻強勢競爭力所壓制而維持低密度，進而壓縮稀少物種的生存資源與空間，造成某些當地蟻種滅絕，使多樣性下降。

D 區無論於豐度、數量以及多樣性指數，皆持續下降，推測可能因本區餌劑使用較其他三區延遲約半年有關。因此，本區 C~T period 間，各項螞蟻相指標之變動，極可能反應其他三區 B~C period 之狀況，即 D 區自 C period 開始施藥後，無論數量或多樣性指數皆呈現下滑之趨勢，但若於 T period 後繼續進行蟻相監測，很可能會發現逐漸上升情形。若能發現相似變動模式，則能進一步印證於上文所提出之推論。

## 結 論

研究結果顯示，台北大學當地螞蟻群落的

確會受到入侵紅火蟻與餌劑撒佈影響，使用餌劑防治火蟻，依然可達到長期的防治效果。但持續性的使用餌劑，在火蟻族群受到壓制之後，同樣會衝擊當地螞蟻族群。雖然本研究資料顯示火蟻族群移除後，在火蟻餌劑的壓力之下，當地螞蟻群落仍具有恢復之潛力，但是否足以回復成火蟻入侵前之多樣性仍舊未知。另一方面，當防治措施停止後，火蟻族群往往能自鄰近地區再次入侵 (King and Tschinkel, 2006; Tschinkel, 2006; Calixto *et al.*, 2007a)，而造成兩難的局面。

雖然能夠有效降低火蟻族群密度之方法很多，但由本研究可知，相較於入侵紅火蟻之衝擊，適當使用餌劑仍是立即且無可替代之選擇，因此本研究結果雖支持持續撒佈餌劑於區域防治火蟻之重要性，但使用藥劑後，明顯造成多樣性的降低也將伴隨發生。因此，防治上若能根據火蟻密度調查，調整餌劑使用量或施用時期，甚而在防治末期，採取不同防治策略，例如 Calixto *et al.* (2007b) 所提出當地螞蟻可能為入侵紅火蟻之捕食者或競爭者之想法，進一步嘗試培養當地具競爭力之螞蟻物種取代持續而密集的餌劑撒佈，不但可固守防治成效，避免火蟻再次入侵或再猖獗，也能採取小面積之單點撲滅策略，取代大面積之撲滅，期能逐步降低藥劑使用量與生態衝擊，同時達到撲滅入侵紅火蟻的目標。

## 誌 謝

本研究受行政院農業委員會動植物防疫檢疫局計畫之經費支持，並誠摯感謝國家紅火蟻防治中心提供調查、鑑定與分類等方面的協助，謹此致謝。

## 引用文獻

- Allen, C. R., S. Demarais, and R. S. Lutz. 1994. Red imported fire ant impact on wildlife: an overview. *Tex. J. Sci.* 46: 51-59.
- Calixto, A. A., M. K. Harris, and C. Barr. 2007a. Resurgence and persistence of *Dorymyrmex flavus* after reduction of *Solenopsis invicta* Buren with a broadcast bait. *Environ. Entomol.* 36: 549-554.
- Calixto, A. A., M. K. Harris, A. Knutson, and C. L. Barr. 2007b. Native ant responses to *Solenopsis invicta* Buren reduction using broadcast bait. *Environ. Entomol.* 36: 1112-1123.
- Henderson, P. A., and R. H. Seaby. 2002. Species Diversity and Richness 3.02. Pisces Conservation Ltd, Lympington, United Kingdom. ([www.pisces-conservation.com](http://www.pisces-conservation.com))
- Holway, D. A., L. Lach, A. V. Suarez, N. D. Tsutsui, and T. J. Case. 2002. The ecological causes and consequences of ant invasions. *Ann. Rev. Eco. Sys.* 33: 181-233.
- Hung, Y. T., R. W. Lin, C. C. Yang, W. J. Wu, and C. J. Shih. 2006. A preliminary report on bait use to control the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) in Taiwan. *Formosan Entomol.* 26: 57-67.
- King, J. R., and W. R. Tschinkel. 2006. Experimental evidence that the introduced fire ant, *Solenopsis invicta*,

does not competitively suppress co-occurring ants in a disturbed habitat. *J. Anim. Ecol.* 75: 1370-1378.

**Lin, C. C., and W. J. Wu.** 2003. The ant fauna in Taiwan (Hymenoptera: Formicidae) with key to subfamily and genus. *Annu. Natl. Taiwan Mus.* 46: 5-69. (in Chinese)

**Stiling, P.** 2002. Diversity indices. pp. 273-280. *In*: P. Stiling, ed. *Ecology: Theories and Applications*, 4<sup>th</sup> ed. Prentice-Hall, New Jersey.

**Tschinkel, W. R.** 2006. *The Fire Ants*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

**Vogt, J. T., J. T. Reed, and R. L. Brown.** 2005. Timing bait applications for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Mississippi: Efficacy and effects on non-target ants. *Int. J. Pest Manage.* 51: 121-131.

收件日期：2009年5月8日

接受日期：2009年11月6日

# The Impact of the Red Imported Fire Ant, *Solenopsis invicta*, and Bait Treatment on the Diversity of Native Ants-a Case Study at National Taipei University, Sanshia Campus

Yu-Hsuan Tsai<sup>1,2</sup>, Chin-Cheng Yang<sup>1</sup>, Chun-Chi Lin<sup>3</sup>, and Cheng-Jen Shih<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei City 10617, Taiwan

<sup>2</sup> Dow AgroSciences Taiwan Ltd., Agricultural Field Station, Pingtung City 90099, Taiwan

<sup>3</sup> Department of Biology, National Changhua University of Education, Changhua City 50007, Taiwan

## ABSTRACT

The data for this study was generated from the pilot study for the eradication program of the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*, RIFA) that was carried out on Sanshia campus of the National Taipei University. The numbers of RIFA and local ants were monitored by pitfall traps at 2 to 4 month intervals followed by bait broadcasting. The data from 4 periods totalling 14 monitoring date was chosen and defined as the before control period (B period), the control period (C period), the after control period (A period) and the termination period (T period), respectively. The overall pattern of population dynamic suggested that the population of RIFA declined rapidly after control was initiated and remained suppressed for the duration of this study. The abundance of local ants on the campus grounds did not seem to be affected when the RIFA were being controlled by bait broadcasting. Based on three different diversity indices, the level of the local ant populations decreased significantly directly after treatment and then gradually and slowly increased again. However, it never reached the level of the initial invasion. Thus, once the RIFA were almost eliminated, the local ant community were able to revive themselves, even under the presence of bait (pyriproxyfen), although their level did not reach the same numbers as before. This phenomenon may be an indication that the impact of RIFA to local ant diversity is much more critical than of any bait application. Compared with the devastation caused by the invasion of RIFA, using bait to control RIFA appropriately may be the only acceptable choice. Based on an investigation of RIFA density, even when adjusted for volume and timing of the bait application, introducing a different strategy such as conservation of competitive native ant species can not only prevent the unrecoverable damage to the diversity of the native ant population, but it also offers us a chance to eradicate the RIFA.

**Key words:** *Solenopsis invicta*, red imported fire ant, biodiversity, ant fauna, fire-ant bait

\* Corresponding email: shihcj@ntu.edu.tw