

計畫編號：DOH96-DC-2004

行政院衛生署疾病管制局 96 年度科技研究發展計畫

日本腦炎及西尼羅熱病媒蚊化學防治研究－幼蟲防治

研究報告

執行機構：疾病管制局

計畫主持人：林鼎翔

協同主持人：夏維泰、林巧

研究人員：鄭茜孺

執行期間：96 年 1 月 1 日至 96 年 12 月 31 日

* 本研究報告僅供參考，不代表衛生署疾病管制局意見*

目錄

壹、摘要.....	1
貳、前言.....	3
參、材料方法.....	6
肆、結果.....	9
伍、討論.....	14
陸、結論與建議.....	19
柒、參考文獻.....	20
捌、圖表.....	24

表次

表一、殺幼蟲劑一覽表.....	24
表二、殺幼蟲劑對三斑家蚊之藥效.....	25
表三、昆蟲生長調節劑對三斑家蚊之長效.....	26
表四、微生物製劑對三斑家蚊之長效.....	27
表五、化學製劑對三斑家蚊之長效.....	28
表六、賽滅寧、陶斯松及亞培松對三斑家蚊之戶外模擬試驗.....	29
表七、蘇力菌對三斑家蚊之戶外模擬試驗.....	30

圖次

圖一、田間 (A) 與畜舍 (B) 採樣調查.....	31
圖二、昆蟲生長調節劑靜置時間與藥效的關係 (北投品系)	32
圖三、昆蟲生長調節劑靜置時間與藥效的關係 (彰化品系)	33
圖四、昆蟲生長調節劑靜置時間與藥效的關係 (花蓮品系)	34
圖五、昆蟲生長調節劑靜置時間與藥效的關係 (屏東品系)	35
圖六、微生物製劑靜置時間與藥效的關係 (北投品系)	36
圖七、微生物製劑靜置時間與藥效的關係 (彰化品系)	37
圖八、微生物製劑靜置時間與藥效的關係 (花蓮品系)	38
圖九、微生物製劑靜置時間與藥效的關係 (屏東品系)	39
圖十、化學製劑靜置時間與藥效的關係 (北投品系)	40
圖十一、化學藥劑靜置時間與藥效的關係 (彰化品系)	41
圖十二、化學藥劑靜置時間與藥效的關係 (花蓮品系)	42
圖十三、化學藥劑靜置時間與藥效的關係 (屏東品系)	43

壹、摘要

目前我國為防治三斑家蚊傳播日本腦炎及西尼羅熱之境外移入感染，已採行「日本腦炎個案殺蟲劑噴灑標準作業流程」防治作業，但是對三斑家蚊幼蟲相關的化學防治研究仍然欠缺。因此，本研究目的為試驗台灣各農業地區三斑家蚊對殺幼蟲劑之感藥性，並評估三斑家蚊幼蟲各品系間之差異，以戶內外模擬長效試驗篩選出對防治三斑家蚊幼蟲兼具速效與長效之環境衛生用藥，提供未來防疫工作參考。

於速效試驗篩選出對三斑家蚊防治最佳之藥劑為有機磷劑及微生物製劑效果最佳，更進一步由長效試驗篩選長效藥劑為有機磷劑與合成除蟲菊劑有良好表現。其結果依篩選對各品系有兼具速效及長效之藥劑：北投品系以賽滅寧 1.0% 成份藥劑，彰化品系以賽滅寧 1.0% 與亞培松 1.5% 成份藥劑，而花蓮品系則以陶斯松 1.0% 成份藥效最快，屏東品系以賽滅寧 1.0% 與陶斯松 1.0% 成份藥劑。

關鍵詞：三斑家蚊、日本腦炎、西尼羅熱、藥效試驗

Abstract

In order to prevent the Japanese encephalitis and West Nile fever invaded to Taiwan, the CDC has already carry out 「 The SOP of Japanese encephalitis chemical control 」 . The purpose of this project is to evaluate the susceptibility of *Culex tritaeniorhynchus* to larvicide and select the best active ingredient in 4 district, respectively.

The results showed that, organophosphates and Bti had the highest effect to kill the larval of *Culex tritaeniorhynchus*, also the pyrethrin and organophosphates larvicide had persistent effect. According to the experiment cypermethrin 1.0% 、temphos 1.0% 、temphos 1.5% and clorpyrifos 1.0% has the best efficacy to larval of *Culex tritaeniorhynchus* in Beitou 、Chang-hua 、Hualien and Pingtung district, respectively.

Key word : *Culex tritaeniorhynchus* 、 Japanese encephalitis 、

West Nile fever 、 Efficacy test

貳、前言

日本腦炎 (Japanese encephalitis) 是亞洲地區重要的流行傳染病之一。自民國四十四年開始，國內日本腦炎病例即呈現逐年增加的趨勢，民國四十五年曾高達 43.4%，至民國五十六年更攀升至 1024 例。有鑑於疫情的嚴重性，民國五十七年開始全面實施疫苗接種後，日本腦炎才逐漸地被控制下來，防治工作也有顯著的進展。由於三斑家蚊飛行能力極強且遍佈各國各地水稻田及各種積水場所 (周、王, 2002、Hamidian 2007)，加上鄉村都市化、養豬戶集中化，致四、五十歲以上之高齡層人士仍有未及接種而罹病之風險，故仍有零星個案甚至死亡情形發生，且疫苗在體內的抗體量會逐年下降 (宋 等 2005)，加上國內每年都有日本腦炎病例發生 (96 年 9 月為止已有 34 個確定病例)，可見台灣仍然受到日本腦炎病毒感染之風險。

近年來，隨著候鳥的遷移習性與移動路徑，西尼羅熱 (West Nile Fever) 正不斷擴大其流行感染範圍 (Mackenzie *et al.* 2004、Solomon *et al.* 2003)。自從 1937 年在非洲烏干達一罹病婦人血液中發現西尼羅病毒後，即陸續在北非、南非、西亞、中亞、南歐、西非及中非等地皆有發現。1950 年後西尼羅熱更廣泛流行於東半球之非洲、中東和地中海沿岸等國家。美國紐約 1990 年首次爆發西尼羅熱，意謂著西半球地區的受害。時至今日 (2007)，加拿大已有 2,035 個確定病

例；美國也有 2,307 個通報病例；俄羅斯亦有 54 例通報。可見西尼羅熱的擴散及其傳播途徑已是全球矚目最新的公共衛生問題。

西尼羅病毒主要存在於病媒蚊與宿主間的循環體系中，根據 2000 年美國研究顯示，可以傳播西尼羅病毒的蚊子有 60 多種，以家蚊屬（genus *Culex*）的成蚊為主，我國主要傳播病媒蚊以三斑家蚊（*Culex tritaeniorhynchus*）及熱帶家蚊（*Culex quinquefasciatus*）為主（周等 2003、于等 2005、Medlock *et al.* 2005）。宿主主要為鳥類，計有 15 目 46 科 158 種之多，病毒經由鳥類飛翔遷移及宿主的活動等而傳播至世界各地（姜等 2006）。

由於台灣亦為候鳥過境棲息之所，同時以農為本的傳統型態，農業區遍及台北、台中、彰化、嘉義、屏東、花蓮、台東等縣市，且大面積的水稻田提供良好的三斑家蚊孳生環境，也大幅提高疾病散播的機會。早期四〇年代時，農業社會已使用化學藥劑防治三斑家蚊，最早應用的是有機氯成份，但是後來因為其成份分解不易，容易產生環境蓄積、食物鏈的生物轉移及生物累積等現象，嚴重危害到田間與河川的生態，因此被列為限用或禁用的藥劑。此時（七〇年代）又開發出有機磷殺蟲劑（如：陶斯松、亞培松）與氨基甲酸鹽劑（如：安丹、免敵克），由於其環境毒性較低、在動物體內代謝較快，不易蓄積，且殘效期較長，故而使用廣泛。目前國內係採行「日本腦炎個

案殺蟲劑噴灑標準作業流程」來防治三斑家蚊，室內用有機磷、除蟲菊精等殺蟲劑，除了可對其停棲表面作殘效噴灑外，也可做空間噴灑撲殺成蚊。然而長期的使用殺蟲劑，蚊蟲自然容易經由遺傳基因及選汰壓力而發展出具抗藥性的品系（Liu *et al.* 2006）。

因此，本研究的目的為試驗殺幼蟲劑對台灣各農業地區三斑家蚊的藥效，比較室內與野外品系對藥劑感受性之差異，模擬戶外田間試驗以篩選出對防治三斑家蚊幼蟲兼具速效與長效之環境衛生用藥，確立各地區防治三斑家蚊幼蟲最有效之藥劑，以提供各縣市防疫工作參考並確保防治成效。

參、材料方法

一、建立三斑家蚊品系

(一) 野外品系

於國內中、南、東部過去曾發生日本腦炎案例之縣市（彰化、屏東、花蓮）；白天於田間、溝渠採集三斑家蚊幼蟲，夜間在家畜場及附近以掃網、誘捕器（CDC Gravid trap Model 1712）、小型紫外線黑燈誘捕器（Miniature blacklight traps Model 1312）及旋轉式檢體收集系統（Model 1512）等方式（圖一）採集成蚊，並攜回實驗室飼育。

(二) 室內品系

自 1994 年於養蚊室中培育北投品系三斑家蚊，繼代飼育至今已逾 160 代未曾接觸過藥劑。

(三) 供試蚊蟲飼育

將採集回來的幼蟲帶回實驗室經鑑定後飼育於塑膠水盆中，以台糖酵母＋豬肝粉（1：1）飼育，每盆（30×24×2.5cm）約飼養 500~800 幼蟲，每日刮去水膜並餵食，化蛹後置於水杯中，再放入養蟲籠中（30×30×20cm），供給 5% 糖水。另以小白鼠供雌蚊吸血，以水杯供其產卵，將收集卵筏放入水盆中孵化，三齡末期幼蟲為供給實驗之所需。養蚊室維持 25~28°C，相對溼度 70%，光照 12 小時（林 1999）。

二、殺幼蟲劑篩選

於環保署核可藥劑中選擇防治對象為孑孓（蚊子幼蟲）之環境衛生用藥，共有 24 種藥劑。依不同類型（微生物製劑、昆蟲生長調節劑、合成除蟲菊劑及有機磷劑）篩選出 7 種有效成份（單方），共 13 種藥劑進行試驗，其中包含微生物製劑（蘇力菌 *Bacillus thuringiensis*, Serotype H-14）1 種藥劑、昆蟲生長調節劑（二福隆 diflubenzuron、百利普芬 pyriproxyfen、美賜平 methoprene）3 種藥劑、合成除蟲菊劑（賽滅寧 cypermethrin）1 種藥劑及有機磷藥劑（亞培松 temphos、陶斯松 clorpyrifos）5 種藥劑（表一）。

三、幼蟲感藥性試驗

（一）速效試驗（浸浴法）

在紙杯（直徑 6 cm，高 7.7cm）中裝入 200ml 的水，再加入推薦劑量的藥劑。每杯接入三斑家蚊三齡末期之幼蟲各 20 隻，試驗每重覆五次，而對照組則不放置藥劑，觀察並記錄其死亡情形，測試各種環藥對各品系三斑家蚊幼蟲之藥效（環保署 1998，WHO 2005）。

（二）長效試驗

1. 室內模擬試驗

依前述試驗結果篩選出速效較佳之 7 種殺幼蟲劑（7 種有效成份）進行試驗。將各藥劑依推薦濃度配製成 80 公升的藥液備用，並置於大型塑膠桶（直徑 38×高 61 cm）中，於稀釋後第 7、14、21、28、

35 天時，分別取出 3 公升的藥液置於耐酸鹼之方型盒 (36×26×16cm) 中，再分別接入各品系三斑家蚊三齡末期幼蟲各 100 隻，試驗每重覆五次，而對照組則不放置藥劑，觀察並記錄其幼蟲死亡情形，以篩選出對各品系三斑家蚊幼蟲具長效性之藥劑。

2. 戶外模擬試驗

依前述試驗結果，篩選速效及長效效果俱佳之殺幼蟲劑 (4 種) 進行試驗。將各藥劑依推薦濃度配製成 20 公升，於試驗開始第 30、60 天時，將每盒中 (80×40×16cm) 接入 400 隻的三齡末期幼蟲，並置放於戶外有遮蔽處，試驗每重覆二次，而對照組則不放置藥劑，觀察並記錄幼蟲死亡情形。

四、統計分析

1. 使用機率分析 (probit analysis) 計算各藥效試驗中幼蟲的半數致死時間，(LT_{50})，以分析不同品系三斑家蚊對不同殺幼蟲劑之感受性。
2. 利用單變量統計 (one way Anova) 分析各種殺幼蟲劑對同品系三斑家蚊藥效之差異。
3. 以 t-test 檢定法比較三斑家蚊幼蟲野外品系與室內品系對殺幼蟲劑感藥性之差異。

肆、結果

於 96 年 2~11 月研究期間，採集台灣地區彰化（秀水鄉）、屏東（潮州鄉）、花蓮（光復鄉、壽豐鄉）等地的三斑家蚊攜回實驗室飼育供試。另有自 1994 年培養的台北市北投地區敏感品系，同樣以三齡末期（至四齡初期）幼蟲進行化學防治研究。依各殺幼蟲劑之推薦濃度稀釋藥液備用。

一、幼蟲感藥性試驗

（一）速效試驗

以篩選出的 13 種殺幼蟲劑分別測試對不同品系三斑家蚊幼蟲的藥效；結果發現昆蟲生長調節劑中，無論是二福隆（difubenzuron）、美賜平（methoprene）或百利普芬（pyriproxyfen），其對野外品系（彰化、花蓮、屏東）與室內品系（北投）的藥效（ LT_{50} ）均有顯著差異，可見室內品系的三斑家蚊幼蟲（ LT_{50} 在 30~90 小時之間）較野外品系（ LT_{50} 在 50~170 小時之間）對昆蟲生長調節劑類的殺幼蟲劑較具感受性。微生物製劑（*Bacillus thuringiensis*, serotype H-14 0.2%）中，室內品系（北投）與屏東與野外彰化品系間之藥效（ LT_{50} ）並無差異性，但與野外花蓮品系則有顯著差異（ $LT_{50}=3.7$ 小時）。賽滅寧（cypermethrin）、陶斯松（chlorpyrifos）及亞培松（temephos），一般來說對同品系之三斑家蚊幼蟲皆具良好藥效（ $LT_{50}<1$ hr），其中僅陶

斯松 (chlorpyrifos 1.0% 石塊膏劑) 對花蓮與屏東品系藥效最差, LT_{50} 為 1~5 小時之間, 可見化學性藥劑與微生物製劑適宜用於防治三斑家蚊幼蟲, 昆蟲生長調節劑則較不適宜用於彰化、花蓮、屏東縣市, 其中百利普芬亦不適宜用於台北市防治三斑家蚊幼蟲。

另以 Anova 統計分析, 同一品系內對不同殺幼蟲劑的藥效時發現, 昆蟲生長調節劑中, 以二福隆、美賜平對北投及花蓮品系有較好之藥效 ($LT_{50} < 100$ 小時); 而彰化與屏東品系均顯示對二福隆、美賜平及百利普芬之感藥性不佳 ($LT_{50} > 100$ hr)。微生物製劑 (Bti) 則對四品系之藥效較為一致, 均在數小時內 (<4 小時) 即可致死。化學性藥劑中, 以合成除蟲菊 (cypermethrin) 的藥效最佳, 雖然, 花蓮品系與室內品系間有差異 ($P < 0.05$), 但各品系之 LT_{50} 僅為 0.2 至 0.5 小時之間, 可見合成除蟲菊不但致死率高且具速效。至於亞培松

(temephos) 則無論何種濃度, 皆可見野外品系的感藥性反而大於室內品系者。另一陶斯松 (chlorpyrifos) 依表二所示, 藥效會因品系不同、濃度及劑型不同而有所差異, 例如片劑 (陶斯松 1.5%) 的效果似乎不甚理想。

二、長效試驗

(一) 室內模擬試驗

以篩選出的 7 種不同有效成分之化學及非化學殺幼蟲劑試驗其

對各品系（北投、彰化、花蓮、屏東）三斑家蚊幼蟲的長期藥效（7、14、21、28、35 日），結果如下：

1. 昆蟲生長調節劑

於長效試驗中，可見無論第 7、14、21、28 及 35 日的藥效（ LT_{50} ）結果，皆可發現室內北投品系與野外品系彰化、花蓮、屏東品系間有顯著差異（ $p < 0.05$ ）。在第 7 日測試中，可見百利普芬對室內北投品系的藥效不佳（ $LT_{50} = 44$ 時），而彰化品系適宜使用二福隆來防治；至於花蓮、屏東品系則三種藥劑皆表現良好；可見昆蟲生長調節劑中以二福隆表現較佳，而美賜平最差，百利普芬則不適合用於彰化品系。在第 14 日測試中，以二福隆對野外彰化、花蓮、屏東品系藥效最好，美賜平、百利普芬對室內北投品系的藥效不佳（ $LT_{50} = 46、52$ 時），可見昆蟲生長調節劑中以二福隆表現較佳，美賜平則不適於各品系。在第 21、28 及 35 日的測試中，均可顯示三種藥劑對野外品系的藥效均較室內品系者為佳，其中以二福隆在花蓮品系、美賜平在彰化、花蓮品系及百利普芬在花蓮、屏東品系表現較佳（表三）。將各種殺幼蟲劑稀釋藥液靜置一段時間與其對各品系三斑家蚊的藥劑分別以迴歸分析表其關係。由圖二至五，可見昆蟲生長調節劑中，僅二福隆在北投與屏東品系內有隨時間延長而藥效增加，餘皆與時間無相關係，可見生長調節劑長效不佳。

2. 微生物製劑

於長效試驗中，可見無論第 7、14、21、28 及 35 日的藥效 (LT_{50}) 表現，皆可發現室內北投品系與野外品系彰化、花蓮、屏東品系間有顯著差異 ($p < 0.05$)，但半數致死時間皆小於 5 小時。可見蘇力菌適用於此四縣市防治三斑家蚊 (表四)。一般而言，蘇力菌的藥效會隨著時間的延長而降低其藥效，呈一負相關係；僅彰化品系三斑家較不受時間之影響 (圖六~圖九)。

3. 化學製劑

於長效試驗中，可見無論第 7、14、21、28 及 35 日的賽滅寧藥效 (LT_{50}) 表現，皆可發現室內北投品系與野外品系 (彰化、花蓮、屏東) 間有顯著差異 ($p < 0.05$)，但藥效皆小於 9 小時，因此賽滅寧 1.0% 可用於此四縣市。(表五) 至於陶斯松與亞培松則對四品系三斑家蚊的藥效極佳，半數致死時間僅一小時左右，因此兼具速效及長速性。另以藥劑靜置時間與藥效的關係觀之，可見陶斯松之藥效與時間無相關係，亞培松則有隨時間延長而藥效降低的趨勢，賽滅寧則依品系的不同而藥效各異 (圖十至圖十三)。

(二) 戶外模擬試驗

依前述試驗結果，篩選出 4 種長效較佳之殺幼蟲劑測驗其模擬戶外情況 (30、60 日) 下，對各品系 (北投、彰化、花蓮、屏東) 三

斑家蚊幼蟲的藥效。由於戶外模擬試驗僅去除降雨釋稀因素，未排除溫濕度影響效應，因此化學製劑自 30 日起即逐漸降低其藥效，至 60 日時，半數致死時間已為 30 日之倍數，可見殺幼蟲劑於戶外施用時，僅有月餘之有效時間（表六、表七）。

伍、討論

一、各品系三斑家蚊對殺幼蟲劑之感受性探討

過去我國在七〇年代農業防治已漸漸開始使用化學製劑（有機磷殺蟲劑），因三斑家蚊幼蟲主要孳生在水稻田等棲地，同時也接觸了化學環境。然而近十幾年來，在日本、台灣及大陸等地區研究結果，發現三斑家蚊幼蟲已對有機磷劑的藥效作用減低，顯示在長期使用造成不當的結果，對藥劑的感受性降低（Yasutomi 1987；Vijayan *et al.* 1993；Karunaratne *et al.* 2000；Cui *et al.* 2006）。目前針對三斑家蚊的試驗中，顯示有機磷劑對三斑家蚊之藥效能有月餘的時間以北投品系的藥效時間最短，證明出在過去農業地區可能有施用藥劑不當而產生對藥效感受低的情形。由本試驗賽滅寧藥劑結果，與大陸、斯里蘭卡地區對防治三斑家蚊研究，顯示感受性較高（周等 2006、Karunaratne *et al.* 2000）。而自 1970~1980 年代陸續使用昆蟲生長調節劑(IGR)和微生物製劑，在 1991 年研究中，發現昆蟲生長調節劑（diflubenzuron、pyriproxyfen、methoprene 等）對防治三斑家蚊有其抑制羽化作用，與大陸近年來研究成果相同（孫等 2002），顯然與本研究結果不相同，可能為長期接觸此藥劑造成藥劑的感受性大幅減低。另外，近年來廣泛使用微生物製劑對防治雙翅目昆蟲有顯著藥效（Ferre 2002），與國外文獻指出，以 Bti 藥劑進

行長期（連續 10 年）田間試驗，不僅對幼蟲密度下降為 51~100%，成蚊密度下降為 55~99%，而且連續使用結果也未發現蚊蟲產抗藥性情形（張 2002），目前並未發現到 Bti 藥劑對台灣地區三斑家蚊有感受性不佳的情形。

二、殺幼蟲劑對三斑家蚊的藥效

1. 不同類型

篩選出對各品系皆速效之藥劑依序為有機磷劑、合成除蟲菊劑、微生物製劑，依環境衛生用藥之藥之特性，有機磷殺蟲劑（organophosphates）具有胃毒及燻蒸毒之作用，其作用機制為抑制昆蟲神系統中 AchE 的作用，可使蟲體麻痺、死亡等；菊酯類殺蟲劑（pyrethroids）是由除蟲菊花所提煉出來的植物性殺蟲劑，具有觸殺、胃毒等作用，與前者相同作用目標都在神經系統；微生物製劑（蘇力菌以色列變種 *Bacillus thuringiensis israelensis*, Bti）是藉由子孓吃食時，蘇力菌蛋白毒進入中腸，造成胃毒效果，以上這三類殺蟲劑經實驗結果，其速效兼具長效特性，可用來防治三斑家蚊幼蟲。

昆蟲生長調節劑（Insect growth regulators, IGR：具青春激素活性）特性為阻礙、干擾幼蟲生正常發育，使變態受阻而死亡，實驗使用環境衛生用藥中有效成份美賜平（methoprene）為抑幼蟲化蛹、二福隆（difubenzuron）為抑制表皮幾丁質合成與駐樂寶（pyriproxyfen）皆

對本實驗三齡末期幼蟲有明顯的抑制生長、羽化作用，然而經過長效（第 7、14、21、28、35 天）試驗結果，得知並不具有速效性，僅花蓮品系三斑家蚊幼蟲對此藥劑抵抗力弱；但北投、彰化、屏東品系對於昆蟲生長調節劑並無此一現象，因此用藥劑時，需考量藥效經會隨時間而降低造成防治成效不彰之情形，更需要選用適合對防治三斑家蚊之藥劑。

2. 不同劑型

由實驗過程中，發現藥劑劑型能影響其結果。如昆蟲生長調節劑（methoprene、pyriproxyfen）、與微生物製劑（Bti）都屬於粒劑型，在長效第 7 天試驗中均較實驗第 1 天藥效（LT₅₀）來的好，而推測此劑型在第 7 天以前仍處於尚未完全溶解靜置的狀態，使得藥效不能夠即時發揮作用，不過微生物製劑對幼蟲防治率仍有達到速效之表現；另外，difubenzuron 藥劑為粉劑，因為粉劑本身為輕量之粉末，投入藥桶中多半飄散水面上，造成不易溶解於水中與上述情形相似，顯然適度攪拌藥劑於水中溶液與靜置後，更能提高防治效用。合成除蟲菊（乳膏片劑）與有機磷劑（粒劑、砂粒劑）卻無此現象產生，且藥效發揮作用快。

三、戶外模擬試驗對殺幼蟲劑之影響

1. 由於戶外模擬試驗僅去除降雨釋稀因素，未排除溫濕度影響效

應，試驗發現合成除蟲菊劑與微生物製劑之藥效隨時間減弱外，可能受光照、溫度等其他環境因子影響，而使自然分解藥劑中有效成份分解，改變有效成分之濃度 (Poopathi 2006)；但有機磷劑其影響較不大，藥效可長達有月餘的時間，但造成在環境中殘留情形嚴重，目前美國對環境用藥 clorpyrifos 評估報告中提到藥效防治害蟲可達四個月以上，加上有機磷劑對人體的毒性較強，因此已列為室內禁用之藥劑 (許 2001)。

2. 試驗時會添加飼料水進行試驗，卻使有機溶液中產生發霉現象，以微生物製劑最為明顯，推測溶液中成份產生分解作用，影響藥效結果，但有待日後作進一步確認。

四、未來防治三斑家蚊之策略

目前國內係採行「日本腦炎個案殺蟲劑噴灑標準作業流程」來防治三斑家蚊，室內用有機磷、除蟲菊精等殺蟲劑，除了可對其停棲表面作殘效噴灑外，也可做空間噴灑撲殺成蚊。由國外文獻指出，以混合調配不同成份的藥劑，在戶內以煙霧機進行噴灑作業時，可同時達到對防治成蚊與幼蟲之效用 (Corbel *et al.* 2003; Ilkal *et al.* 2001)，因而，在國內的防治應用，可以列入採納規範，以避免在噴藥作業次數，更可減少藥劑使用，而不造成長期下來對蚊蟲的敏感性減低，使民眾能有更高配合度，以益於未來防治之最佳策略。日後，更需進一步針

對三斑家蚊進行化學防治研究，應篩選適用於各地區三斑家蚊之藥劑，以修正對三斑家蚊的防治手冊，同時建立生物檢定試驗模式，配合成蚊與幼蟲之活動季節、氣候變化，制定整年化學防治曆，使能有效完成對三斑家蚊幼蟲防治標準作業。綜合上述，未來更能藉此研究成果針對國內日本腦炎與國外入侵之西尼羅熱重要病媒蚊(地下家蚊(*Culex pipiens*)及熱帶家蚊(*Culex quinquefasciatus*)等等)作為防治用藥的依據。

陸、結論與建議

- 一、合成除蟲菊劑、微生物製劑及有機磷劑對三斑家蚊幼蟲兼具速效與長效性。昆蟲生長調節劑中，二福隆、百利普芬對三斑家蚊之藥效較差，而美賜平則最差，故較不適用。
- 二、依試驗結果，可適度修正「日本腦炎個案殺蟲劑噴灑標準作業流程」，使各縣市防疫人員有所遵循，精準用藥、有效防治。
- 三、未來應擴大各縣市三斑家蚊品系之生物檢定試驗，以篩選最適合之殺蟲藥劑，並考量溫濕度、降雨量及季節及棲群變化，制定出適當的化學防治年曆，提供各縣市參酌，使病媒蚊棲群密度持續維持在安全限界之下，以保護人民生命財產安全，增進生活福祉。
- 四、日後不僅能對三斑家蚊傳染病有預防之先機，更對其種類之家蚊如傳播日本腦炎之地下家蚊及西尼羅熱之熱帶家蚊具防治指標意義。

柒、參考文獻

1. 于萍、魏榮、王志亮、楊豔菊：西尼羅病毒蚊媒的種類、研究進展及監控措施。中國媒介生物學及控制雜誌 2005;16(4):324-327。
2. 宋定波、尹琦、鄒力：日本腦炎的流行預防控制。中國國境生檢疫雜誌 2005;28(6):348-350。
3. 周明浩、張愛軍、孫俊：江蘇省流行性日本腦炎蚊媒對常用殺蟲劑抗性研究。中國媒介生物學及控制雜誌 2006;17:36-38。
4. 周欽賢，王正雄：醫學昆蟲與病媒防治，南山堂出版社，2002:139-144.
5. 周欽賢：台灣的蚊媒病。海峽預防醫學雜誌 2003;9(3): 31-31。
6. 姜玲、左輝、翟成凱：西尼羅病毒的感染、蔓延及其警示。中國人獸共患病雜誌 2005;21(2):179-181。
7. 姜淑芳、張映梅、趙彤言：媒介蚊蟲在西尼羅病毒傳播循環中作用。寄生蟲與醫學昆蟲學報 2006;13(3):170-177。
8. 徐爾烈：環境用藥有機磷殺蟲劑及殺菌劑使用安全評估。行政院環境保護署，2001.301p
9. 張吉斌：國內微生物滅蚊劑應用研究。中國寄生蟲病防治雜誌 2002;15(3):190-191。
10. 孫立新、韓俊華、李國錦、殷潤華：昆蟲生長調節劑滅幼寶對淡色庫蚊

- 生長發育影響的實驗研究。山西醫藥雜誌 2002;31(1):29-31。
- 11.魏榮、王志亮：西尼羅河熱及我國防控該病傳入的對策探討。中國動物保健 2003;7:27-29。
 - 12.Azari Hamidian S: Larval habitat characteristics of mosquitoes of the genus *Culex* (Diptera: Culicidae) in Guilan Province Iran. Iranian J Arthropod Borne Dis 2007;1(1): 9-20.
 - 13.Corbel V, Raymond M, Chandre F, Darriet F, Hougard JM: Efficacy of insecticide mixtures against larvae of *Culex quinquefasciatus*(Say) (Diptera:Culicidae) resistant to pyrethroids and carbamates. Pest Manag Sci 2003;60:375-380.
 - 14.Cui F, Raymond M, Qiao CL: Insecticide resistance in vector mosquitoes in China Authors. Pest Management Science 2006;62:1013-1022.
 - 15.Ferre J, Van Rie J: Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. Annu Rev Entomol 2002;47:501-533.
 - 16.Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. World Health Organization, 2005. 39p
 - 17.Ilkal MA, Mavale MS, Prasanna Y, Jacob PG, Geevarghese G, Banerjee K: Experimental studies on the vector potential of certain *Culex* species th West Nile virus. Indian J Med Res 1997;106:225-228.
 - 18.Karunaratne SHPP and Hemingway J: Insecticide resistance spectra and resistance mechanisms in populations of Japanese encephalitis vector mosquitoes, *Culex tritaeniorhynchus* and *Cx. gelidus*, in Sri Lanka. Medical and Veterinary Entomology 2000;14:430-436.
 - 19.Mackenzie JS, Gubler DJ and Petersen LR: Emerging flaviviruses: the spread

- and resurgence of Japanese encephalitis, West Nile and dengue viruses. Nature Medicine Supplement 2004;12(10): 98-109.
20. Medlock JM, Snow KR and Leach S: Potential transmission of West Nile virus in the British Isles: an ecological review of candidate mosquito bridge vectors. Medical and Veterinary Entomology 2005;19:2-21.
21. Mulla MS: Insect growth regulators for the control of mosquito pests and disease vectors. Chinese J Entomology 1991;6:81-91.
22. Liu NN, Zhu F, Xu Q, Pridgeon JW, Gao XW: Behavioral change, physiological modification, and metabolic detoxification mechanisms of insecticide resistance. Acta Entomologica Sinica 2006;49(4):671-679.
23. Poopathi S, Tyagi BK: The challenge of mosquito control strategies: from primordial to molecular approaches. Biotechnology and Molecular Biology Review 2006;1:51-65.
24. Solomon T, Ooi M H, Beasley DWC, Mallewa M: West Nile encephalitis. B M J 2003;326:865-869.
25. Yasutomi K, Takahashi M: Insecticidal resistance of *Culex tritaeniorhynchus* in Japan: A country-wide survey of resistance to insecticide. J Med Entomol 1987;24(6):595-603.
26. Vijayan VA, Revanna MA, Vasudeva KS, Pushpalatha: Comparative susceptibility of two Japanese encephalitis vectors from Mysore to six insecticides. Indian J Med Res 1993;215-217.

表一、殺幼蟲劑一覽表

藥劑品名	有效成分/濃度 (w/w)	劑型	藥劑類型
滅子寧	Difubenzuron 5%	粉劑	A
無蚊影	Methoprene 1.5%	粒劑	A
駐樂寶	Pyriproxyfen 0.5%	粒劑	A
蚊必滅	<i>Bacillus thuringiensis</i> , serotype H-14 0.2%	粒劑	B
力特增	Cypermethrin 1.0%	乳膏片劑	C
真正讚	Temephos 1.5%	粒劑	D
蚊戰	Temephos 1.0%	砂粒劑	D
必有效	Chlorpyrifos 2.0%	粒劑	D
加吉本	Chlorpyrifos 1.0%	片劑	D
陶斯松	Chlorpyrifos 1.5%	片劑	D
滿堂春	Chlorpyrifos 1.5%	乳膏片劑	D
得力陶斯松	Chlorpyrifos 1.0%	石膏塊劑	D
倍剋蚊	Chlorpyrifos 1.0%	塊劑	D

備註：
 A—昆蟲生長調節劑 B—微生物製劑
 C—合成除蟲菊劑 D—有機磷劑

表二、殺幼蟲劑對三斑家蚊之藥效¹。

類型	藥劑成份		室內品系		野外品系	
			北投	彰化	花蓮	屏東
昆蟲生長調節劑	Difubenzuron	5%	34.3 _a	99.1 [*] _a	49.7 [*] _a	98.3 [*] _a
	Methoprene	1.5%	38.2 _a	168.6 [*] _c	92.1 [*] _b	135.2 [*] _b
	Pyriproxyfen	0.5%	86.9 _b	139.2 [*] _b	125.3 _c	106.1 [*] _a
微生物製劑	<i>Bacillus thuringiensis</i> , serotype H-14	0.2%	1.1	1.2	3.7 [*]	1.0
化學製劑	Cypermethrin	1.0%	0.24 _a	0.28 [*] _a	0.54 [*] _b	0.22 _a
	Temephos	1.5%	0.80 _{gef}	0.27 [*] _a	0.68 [*] _e	0.40 [*] _{bc}
	Temephos	1.0%	0.84 _{hf}	0.57 [*] _{ed}	0.65 [*] _{cd}	0.58 [*] _{dc}
	Chlorpyrifos	2.0%	0.78 _{efg}	0.58 [*] _{ed}	0.65 [*] _{cd}	0.51 [*] _{bc}
	Chlorpyrifos	1.0%	0.37 _b	0.35 _b	0.38 _a	0.22 [*] _a
	Chlorpyrifos	1.5%	0.63 _d	0.54 [*] _d	0.61 _{bc}	0.55 _{cbd}
	Chlorpyrifos	1.5%	0.46 _c	0.65 [*] _f	0.76 [*] _{ed}	0.50 [*] _{bc}
	Chlorpyrifos	1.0%	0.78 _{fedh}	0.49 [*] _c	4.54 [*] _g	1.48 [*] _e
	Chlorpyrifos	1.0%	0.88 _i	0.71 [*] _g	1.15 [*] _f	1.64 [*] _f

註：

1.LT₅₀(時)為半數致死時間

*：室內與室外品系間具有顯著差異 (P<0.05)

不同英文字母者表示以 ANOVA 分析，在相同品系內，各藥劑之藥效有顯著差異 (P<0.05)

表三、昆蟲生長調節劑對三斑家蚊之長效¹

靜置時間 (日)	藥劑成份	室內品系		野外品系	
		北投	彰化	花蓮	屏東
7	Difubenzuron 5%	35.2 _a	24.3 [*] _a	1.6 [*] _a	6.2 [*] _b
	Methoprene 1.5%	33.2 _a	124.8 [*] _c	23.6 [*] _c	7.2 [*] _b
	Pyriproxyfen 0.5%	44 _b	108.1 [*] _b	2.4 [*] _b	1.5 [*] _a
14	Difubenzuron 5%	26.4 _a	11.4 [*] _a	1.4 [*] _b	11.6 [*] _b
	Methoprene 1.5%	46.1 _b	19.8 [*] _b	8.1 [*] _c	14.4 [*] _b
	Pyriproxyfen 0.5%	51.8 _b	11 [*] _a	0.5 [*] _a	1 [*] _a
21	Difubenzuron 5%	21.3 _a	19.4 _b	1.2 [*] _a	23.3 _b
	Methoprene 1.5%	101.5 _c	5.1 [*] _a	3 [*] _b	47.2 [*] _c
	Pyriproxyfen 0.5%	60 _b	21.2 [*] _b	0.5 [*] _a	1.4 [*] _a
28	Difubenzuron 5%	13.8 _a	16 _b	1 [*] _a	27.9 [*] _c
	Methoprene 1.5%	28.3 _b	11 [*] _a	5.8 [*] _b	6.6 [*] _b
	Pyriproxyfen 0.5%	36.7 _c	39 _c	0.9 [*] _a	2.1 [*] _a
35	Difubenzuron 5%	15.5 _a	9 _a	1.5 [*] _b	50.2 [*] _c
	Methoprene 1.5%	59.7 _c	9.3 [*] _a	4.6 [*] _c	33.7 [*] _b
	Pyriproxyfen 0.5%	51 _b	45.6 _b	0.5 [*] _a	8.2 [*] _a

註：

1.LT₅₀(時)為半數致死時間

*：室內與室外品系間具有顯著差異 (P<0.05)

不同英文字母者表示以 ANOVA 分析，在相同品系內、相同日數下，各藥劑之藥效有顯著差異 (P<0.05)

表四、微生物製劑對三斑家蚊之長效¹

靜置時間 (日)	<i>Bacillus thuringiensis</i> , serotype H-14 0.2%			
	室內品系		野外品系	
	北投	彰化	花蓮	屏東
7	1.05	0.72	0.44*	0.53*
14	1.00	1.13	0.44*	2.08*
21	1.24	0.96*	0.76*	1.44 _c
28	2.56	0.55*	1.53*	0.86*
35	3.30	0.42*	4.25*	3.23 _c

註：

1.LT₅₀(時)為半數致死時間

*：為室內與野外品系三斑家蚊之藥效差異 (P<0.05)

表五、化學製劑對三斑家蚊之長效¹

靜置時間 (日)	藥劑成份	室內品系		野外品系	
		北投	彰化	花蓮	屏東
7	Temephos	0.92 _a	0.4 [*] _a	0.27 [*] _a	0.47 [*] _b
	Chlorpyrifos	1.31 _b	0.21 [*] _a	0.27 [*] _a	0.15 [*] _a
	Cypermethrin 1.0%	0.71 _a	1.98 [*] _b	0.86 _b	0.51 [*] _b
14	Temephos	0.79 _a	0.64 [*] _a	0.33 [*] _b	0.72 _b
	Chlorpyrifos	1.36 _b	0.27 [*] _a	0.22 [*] _a	0.19 [*] _a
	Cypermethrin 1.0%	2.09 _b	1.73 [*] _a	0.70 [*] _b	1.79 [*] _b
21	Temephos	0.94 _b	0.51 [*] _a	0.31 [*] _b	0.61 [*] _b
	Chlorpyrifos	0.92 _b	0.23 [*] _a	0.17 [*] _a	0.2 [*] _a
	Cypermethrin 1.0%	0.36 _a	0.64 [*] _a	0.53 [*]	5.90 [*]
28	Temephos	0.89 _a	0.83 _b	0.43 [*] _b	0.37 [*] _a
	Chlorpyrifos	1.6 _b	0.2 [*] _a	0.17 [*] _a	0.17 [*] _a
	Cypermethrin 1.0%	0.25 _a	0.63 [*] _b	0.87 [*] _c	2.05 [*] _b
35	Temephos	1.09 _b	0.81 [*] _b	0.38 [*] _a	0.44 [*] _b
	Chlorpyrifos	1.62 _b	0.19 [*] _a	0.35 [*] _a	0.22 [*] _a
	Cypermethrin 1.0%	0.21 _a	0.49 [*] _a	5.35 [*] _b	8.72 [*] _c

註：

1.LT₅₀(時)為半數致死時間

*：室內與室外品系間具有顯著差異 (P<0.05)

不同英文字母者表示以 ANOVA 分析，在相同品系內、相同日數下，各藥劑之藥效有顯著差異 (P<0.05)

表六、賽滅寧、陶斯松及亞培松對三斑家蚊之戶外模擬試驗¹

靜置時間 ² (日)	Temephos				Chlorpyrifos				Cypermethrin			
	(1.0%)		(1.5%)		(1.5%)		(1.0%)		(1.0%)			
	室內品系		野外品系		室內品系		野外品系		室內品系		野外品系	
	北投	花蓮	彰化	屏東	北投	彰化	花蓮	屏東	北投	彰化	花蓮	屏東
30	0.44	0.71*	0.35	0.37	1.05	0.28*	0.43*	0.21*	0.65	0.60	5.42*	0.96
60	0.85	12.81*	4.09*	0.44	1.28	1.03	0.84*	0.36*	1.98	2.85	14.18*	2.89

註：

1.LT₅₀(時)為半數致死時間

2.長效第30、60天試驗結果24小時死亡率皆為100%

*：為室內與野外品系三斑家蚊之藥效差異 (P<0.05)

表七、蘇力菌對三斑家蚊之戶外模擬試驗¹

靜置時間 (日)	<i>Bacillus thuringiensis</i> , serotype H-14 (0.2% 粒劑)			
	室內品系		野外品系	
	北投	彰化	屏東	花蓮
30	1.31	1.84 *	1.42	
60	21.06	35.06 *	31.33 *	

註：

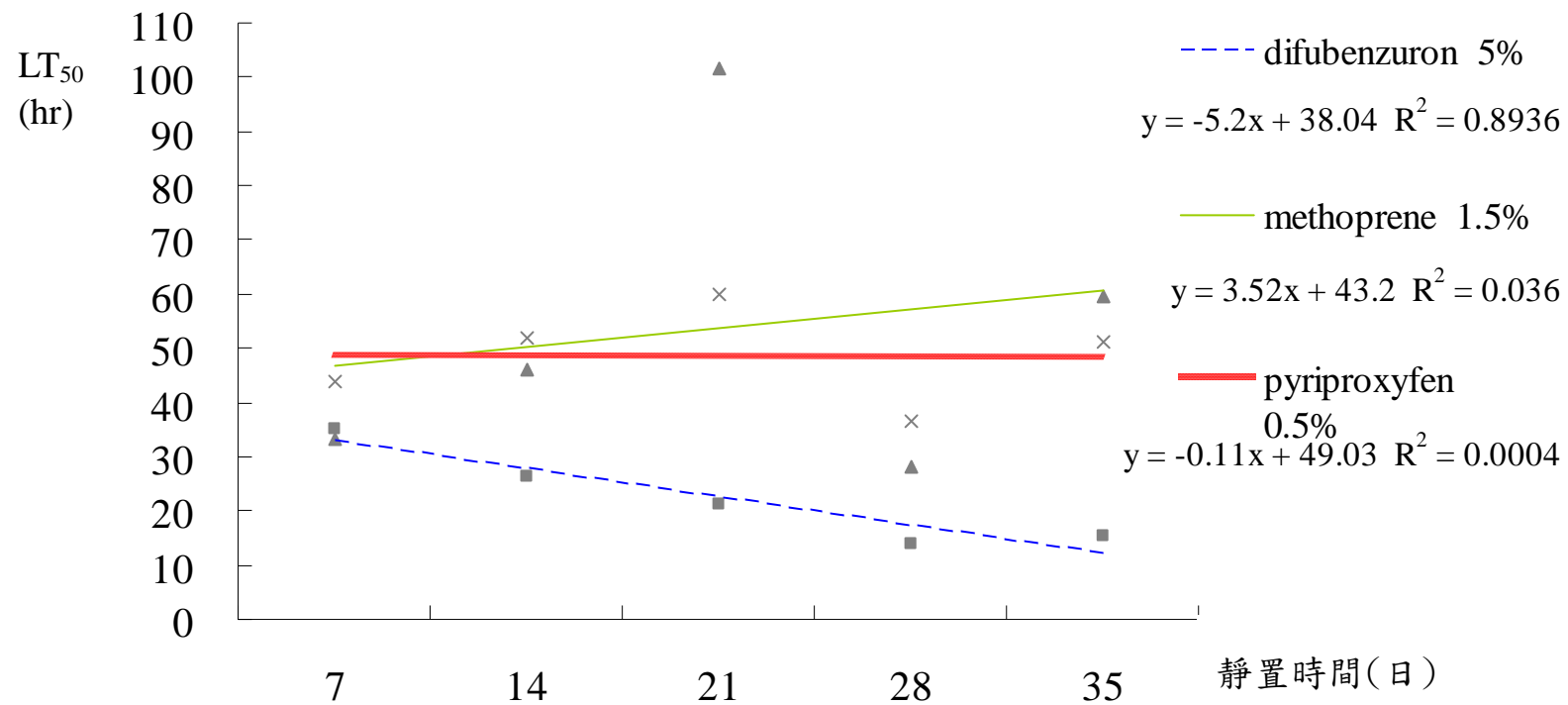
1.LT₅₀(時)為半數致死時間

2.為羽化成蚊率大於死亡率

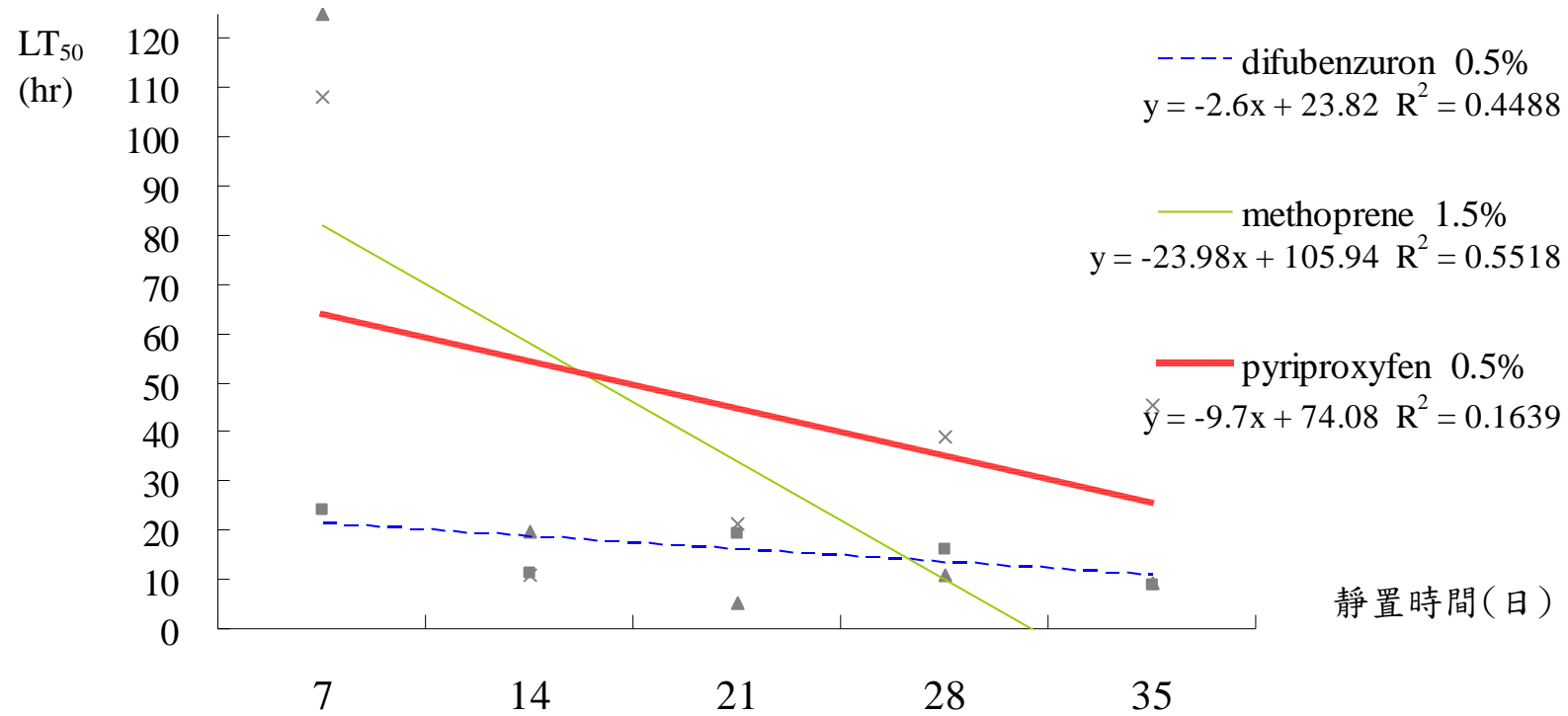
*：為室內與野外品系三斑家蚊之藥效差異 (P<0.05)



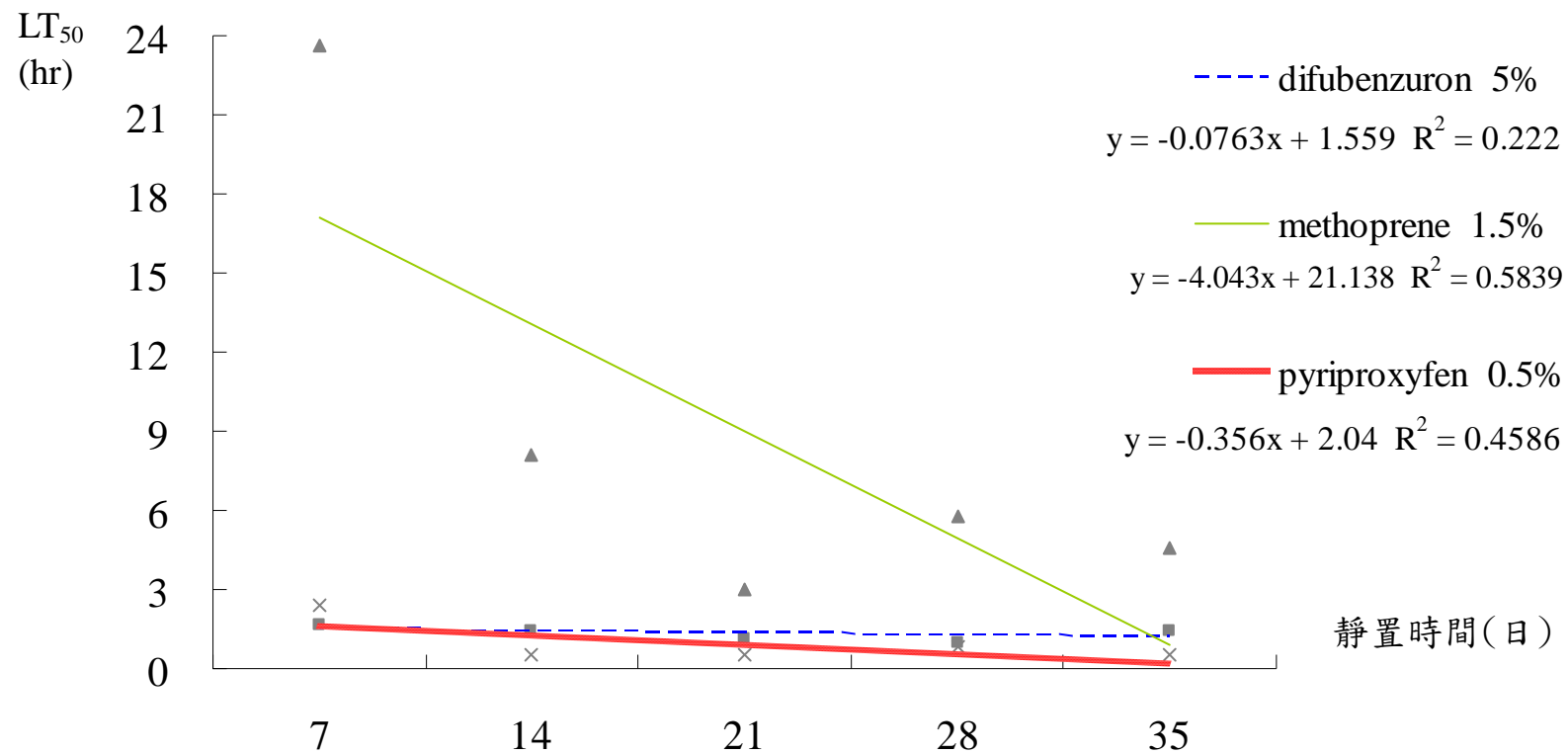
圖一、田間 (A) 與畜舍 (B) 採樣調查



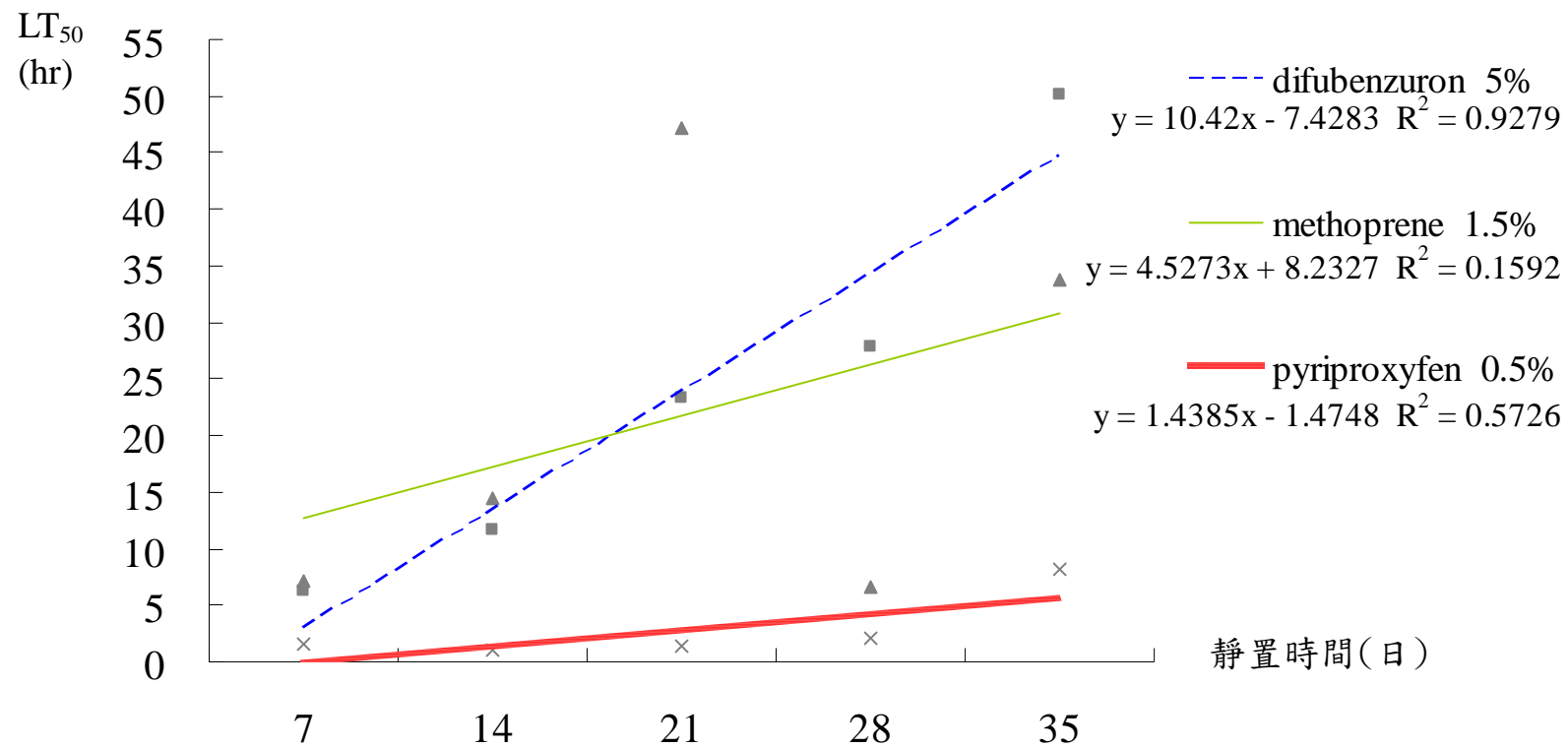
圖二、昆蟲生長調節劑靜置時間與藥效的關係（北投品系）



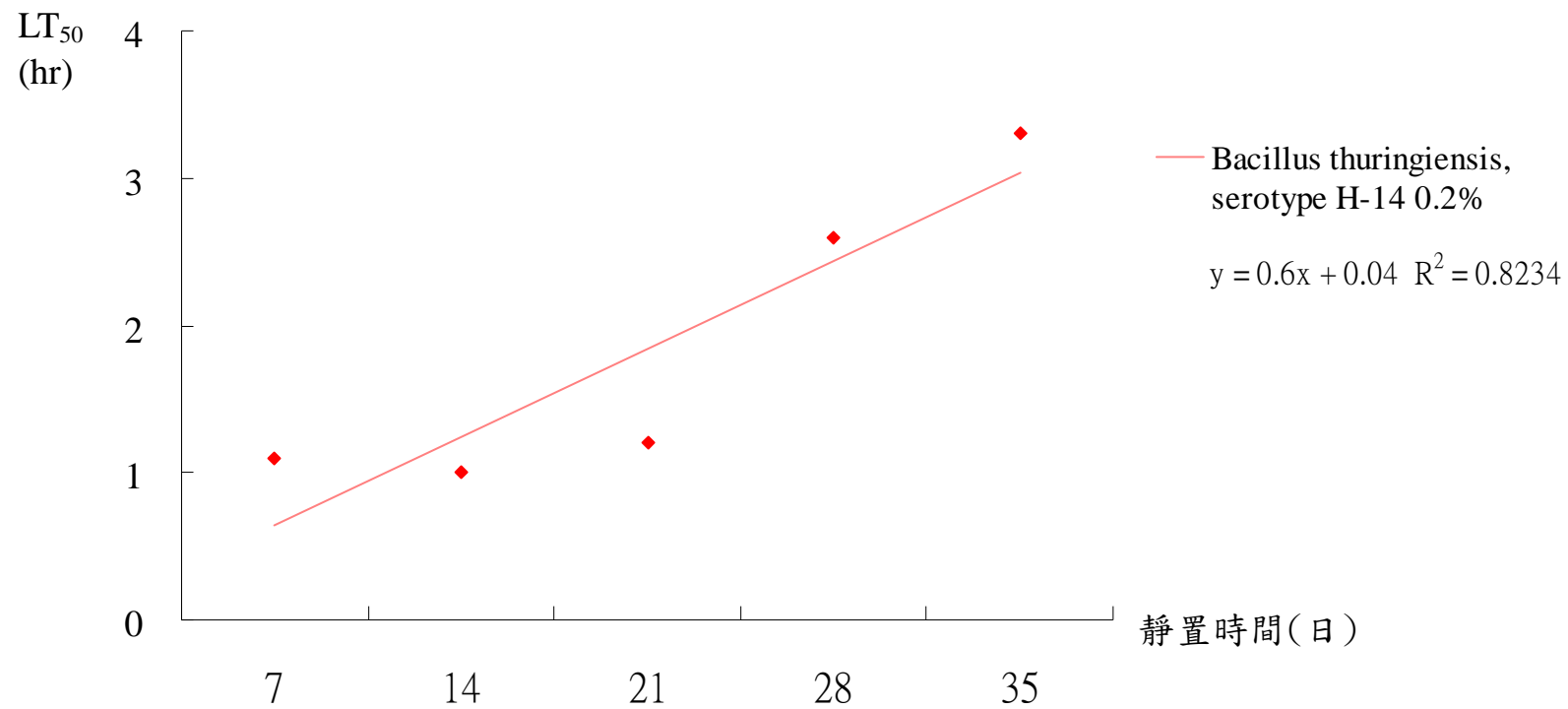
圖三、昆蟲生長調節劑靜置時間與藥效的關係（彰化品系）



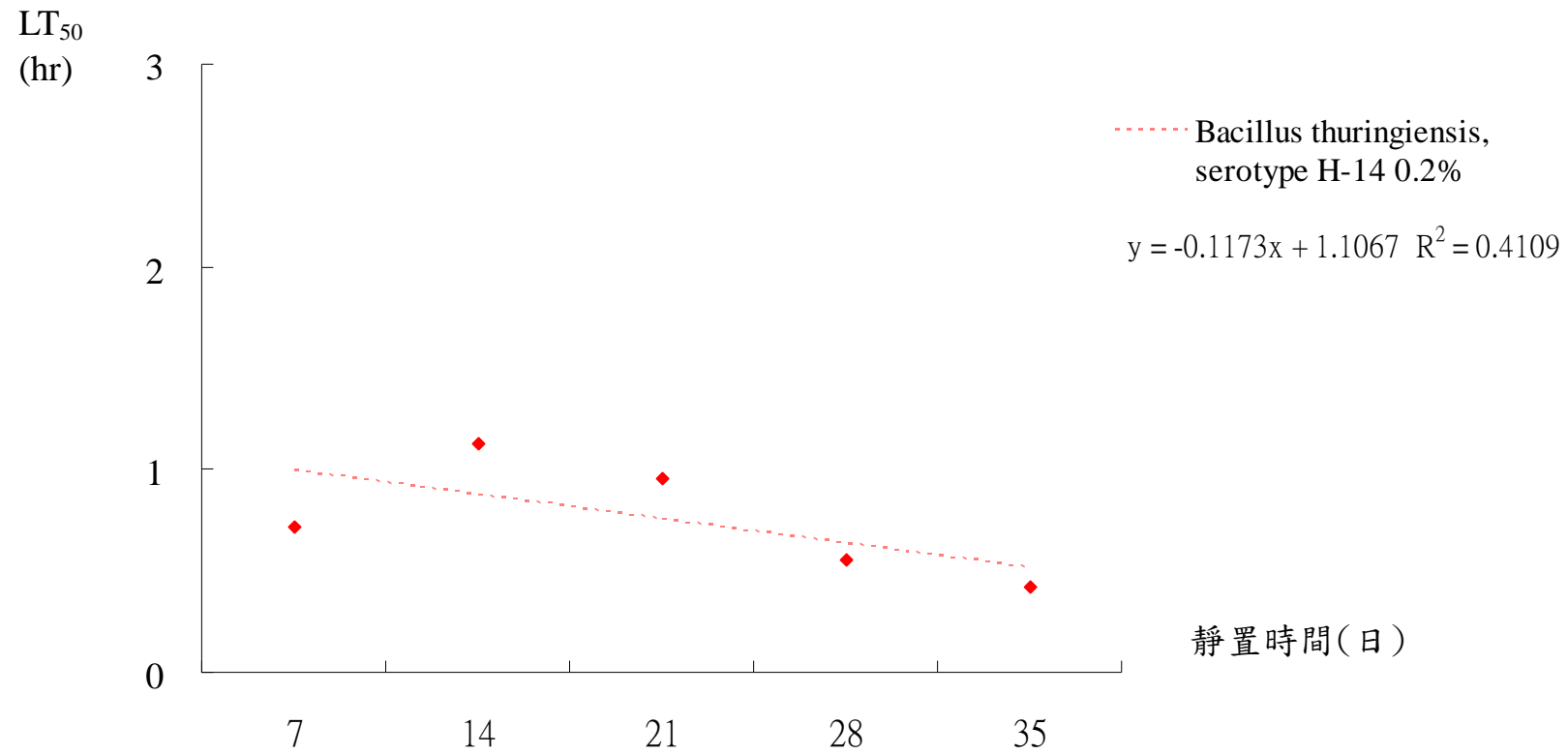
圖四、昆蟲生長調節劑靜置時間與藥效的關係（花蓮品系）



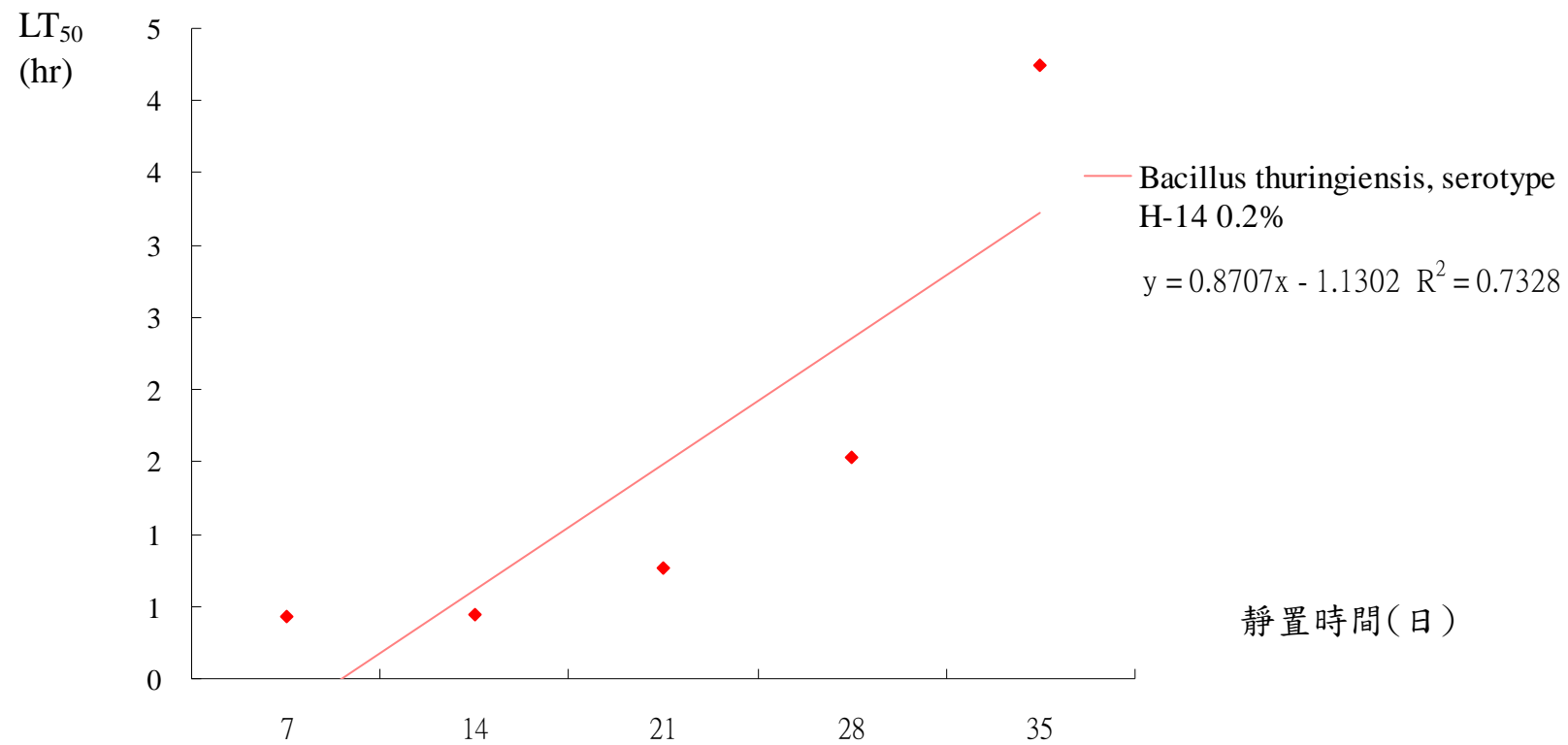
圖五、昆蟲生長調節劑靜置時間與藥效的關係 (屏東品系)



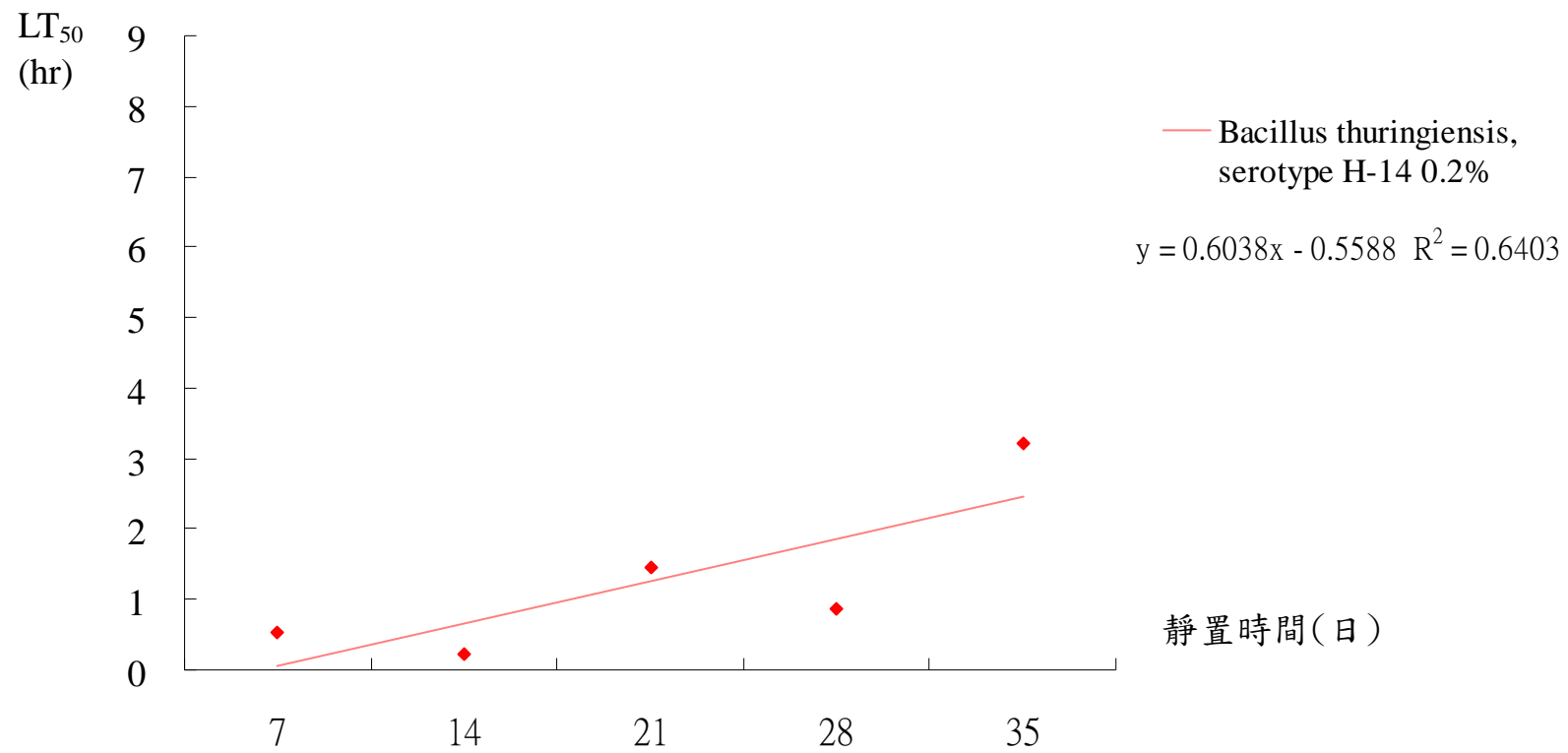
圖六、微生物製劑靜置時間與藥效的關係（北投品系）



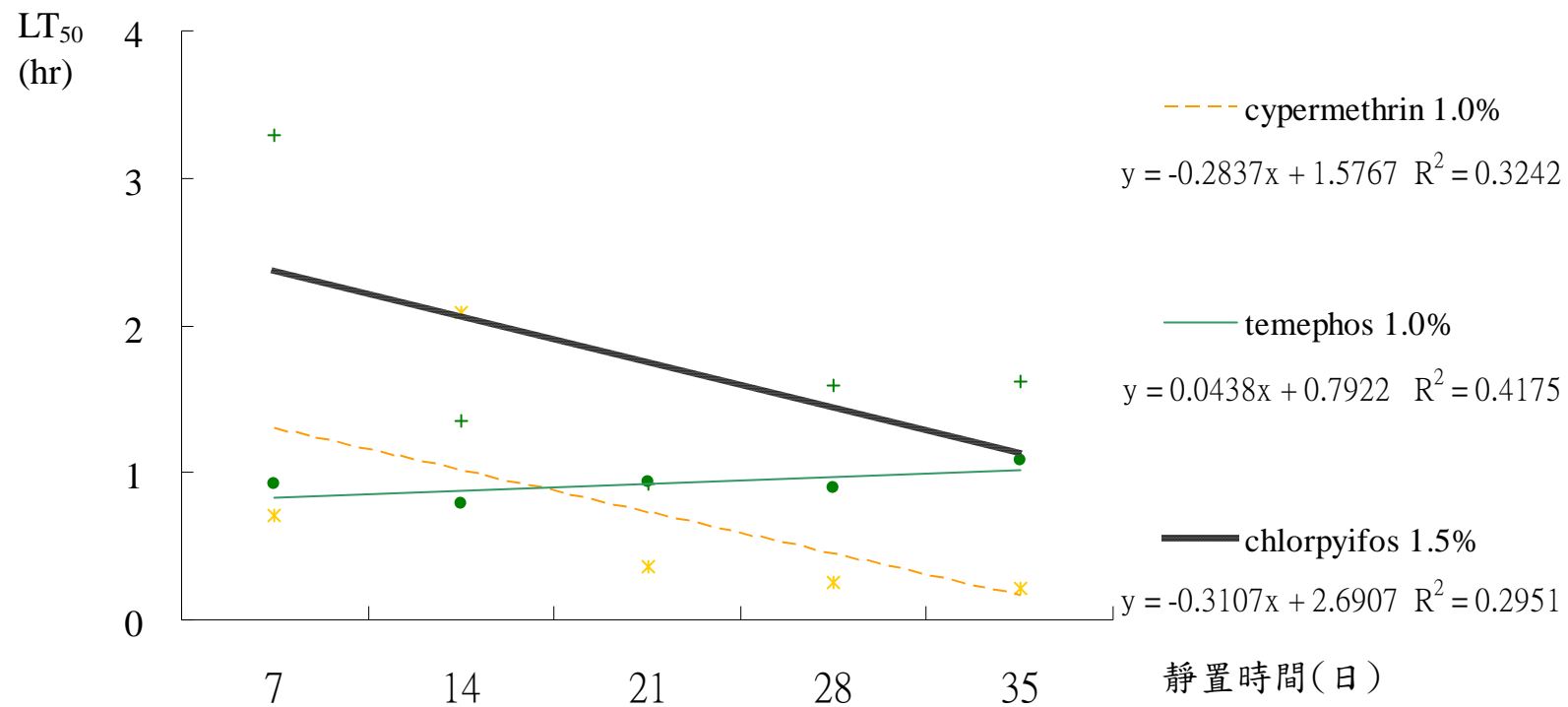
圖七、微生物製劑靜置時間與藥效的關係（彰化品系）



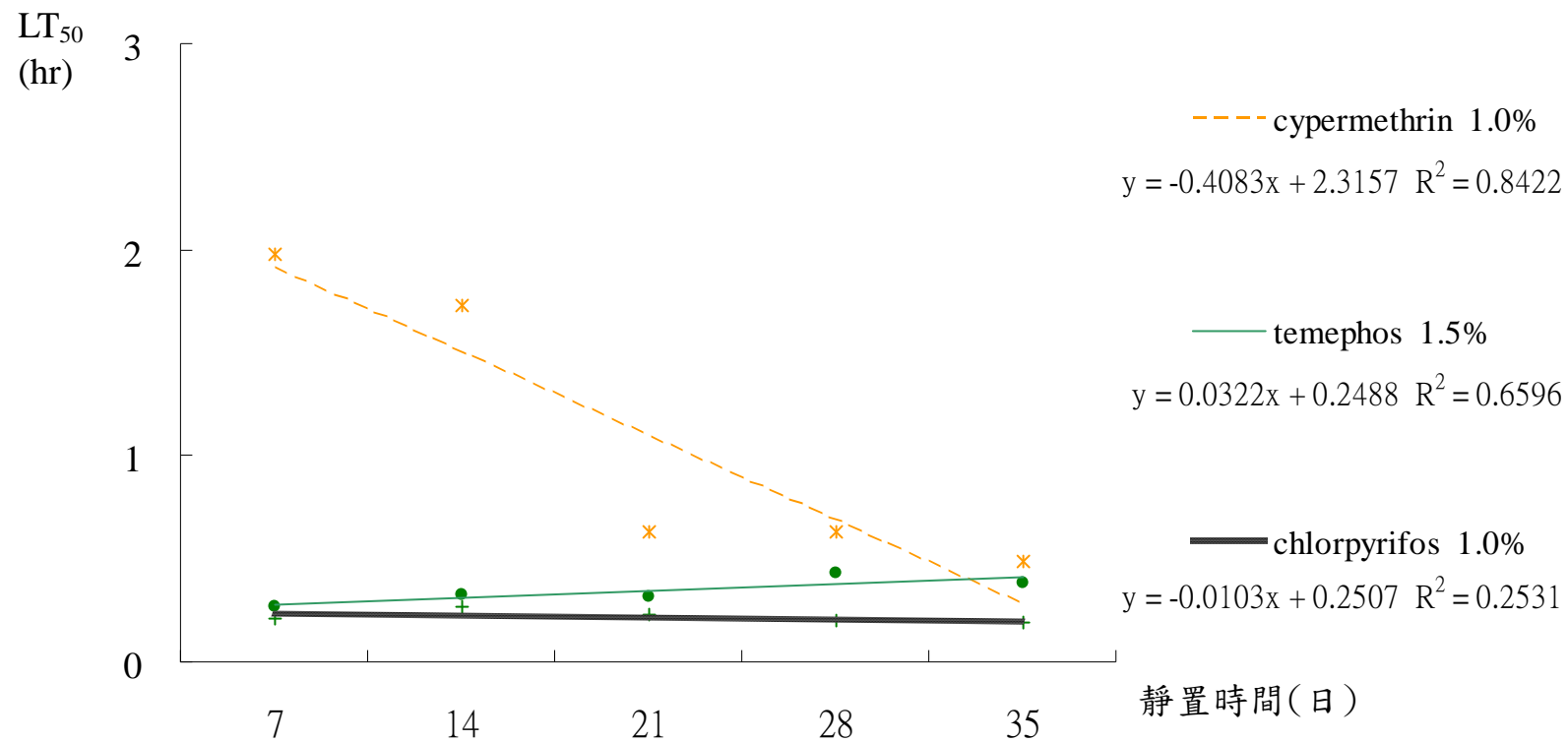
圖八、微生物製劑靜置時間與藥效的關係（花蓮品系）



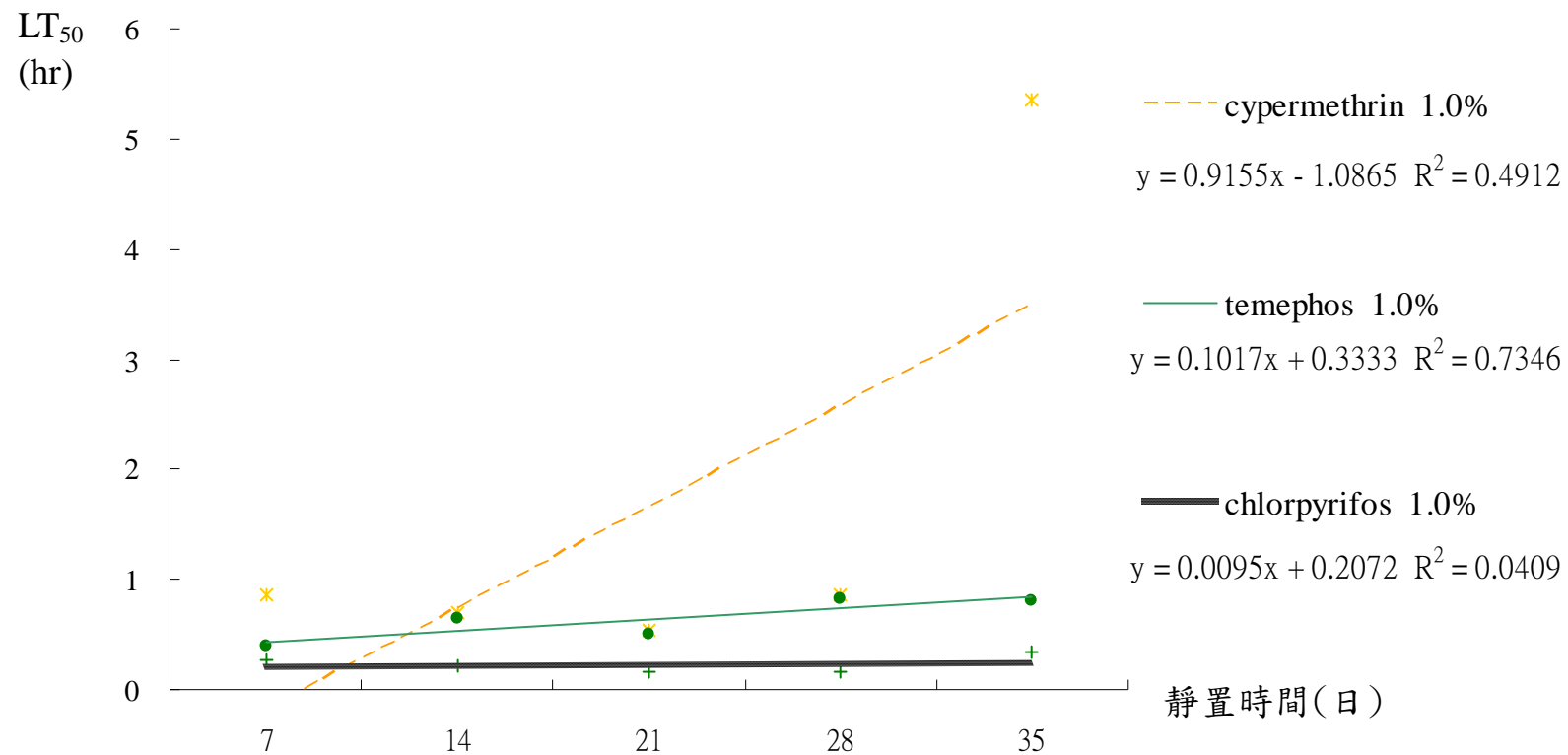
圖九、微生物製劑靜置時間與藥效的關係（屏東品系）



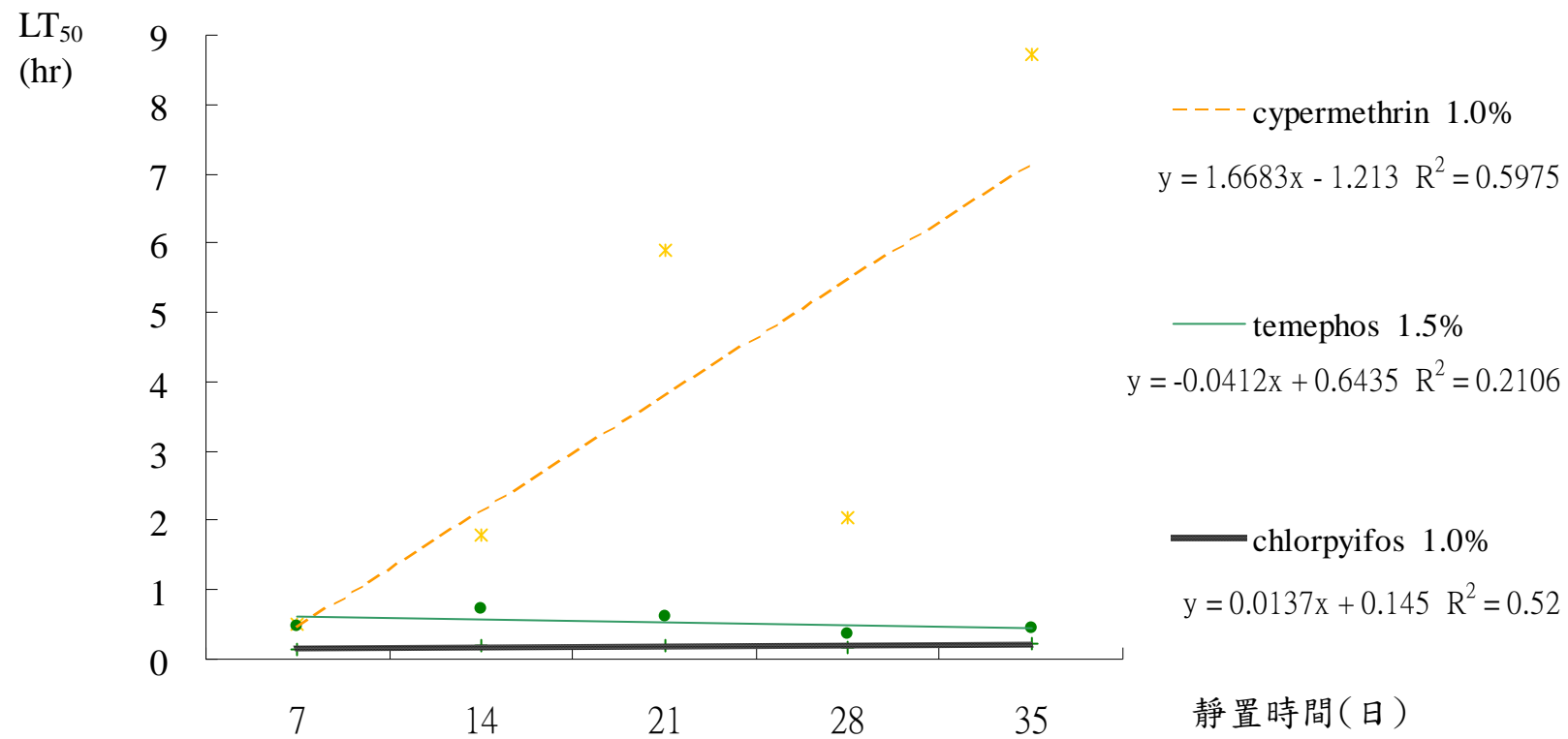
圖十、化學製劑靜置時間與藥效的關係（北投品系）



圖十一、化學藥劑靜置時間與藥效的關係（彰化品系）



圖十二、化學藥劑靜置時間與藥效的關係（花蓮品系）



圖十三、化學藥劑靜置時間與藥效的關係（屏東品系）