

外來種斑腿樹蛙控制與監測計畫
Monitoring and controlling alien treefrog – *Polypedates*
megacephalus

計畫編號：100 林發-07.1-保-26（6）

執行單位：東華大學自然資源與環境學系

研究主持人：楊懿如

研究人員：李承恩、龔文斌、秦健瑋、陳立瑜、陳建志

中華民國 101 年 1 月 16 日



中文摘要

外來種斑腿樹蛙最早在 2006 年於彰化田尾發現，為了解台灣地區斑腿樹蛙分佈現況與其基礎生物學，以做為日後控制依據，本研究除了在全台灣進行普查，並於四月至十二月期間，選定平原環境的八里挖仔尾、彰化田尾；以及森林環境的鶯歌碧龍宮為固定樣區，每月進行一次調查，紀錄數量、棲地利用、共域蛙類等資料。本研究另搭配兩棲類保育志工進行移除，於四月至六月移除母蛙與卵泡，七月以後則移除成蛙、卵塊與蝌蚪。結果顯示斑腿樹蛙目前已於新北市八里、五股、蘆洲、新莊、鶯歌；桃園縣楊梅、龜山、蘆竹；台中市梧棲、石岡、都會公園；彰化縣田尾、雲林縣北港；馬祖南竿等地建立族群，棲地環境為海拔 570m 以下的墾地，偏好利用農用蓄水池、水桶進行繁殖。在碧龍宮樣區中與斑腿樹蛙生態區位重疊度最高的物種是台北樹蛙（0.25）與面天樹蛙（0.21）。計算斑腿樹蛙隻次佔所有蛙類總隻次比例，挖仔尾 57%、碧龍宮 27.5%、田尾 72.1%，斑腿樹蛙在這三個固定樣區皆為優勢物種。在挖仔尾移除 213 隻雄蛙(族群估計 628.4 隻)、在碧龍宮移除 31 隻雄蛙(族群估計 109.5 隻)、在田尾兩個地點分別移除 77 隻及 53 隻雄蛙(族群估計 236.9 隻，547.7 隻)。估計各樣區的移除比率，碧龍宮達 47.7%以上、挖仔尾達 28.9%以上、田尾鴻霖達 75.6%以上、田尾蕙洋園達 35.4%以上，移除數量和志工參與數量成正相關。本研究提出各種移除方式，並建議未來持續運用志工進行移除及監測調查，以降低斑腿樹蛙擴散風險。

關鍵詞: 斑腿樹蛙、分佈、生態區位重疊度、志工移除、控制、監測

Abstract

Polypedates megacephalus, the alien species, was first found at Tianwei of Zhanghua in 2006. In order to find out their distribution and the basic biology for the further control, we conducted nationwide surveys. Besides, from April to December, we targeted at Waziwei of Bali and Tianwei of Zhanghua, which are both in the plain surroundings, as well as Bealong Temple of Yingge in forestry environment, to do surveys once a month. We recorded the numbers and habitat usage of *Polypedates megacephalus* and the other sympatric anuran species. Meanwhile, this project went along with amphibian conservation volunteers to carry out the removal: removing female frogs and egg masses from April to June, and eliminating adult frogs, egg masses and tadpoles after July. The results showed that *Polypedates megacephalus* has been distributed over the following places: Bali, Wugu, Lujhou, Sinjhuang, and Yingge of New Taipei City; Yangmei, Guishan, and Luchu of Taoyuan County; Wuchi, Shihgang, and Urban Park of Taichung City; Tianwei of Zhanghua County; Beigang of Yunlin County; Nangan of Matsu. They inhabited in cultivated land under the elevation of 570 meters, preferring breeding in agricultural reservoirs and buckets. In Bealong Temple survey area, the most abundant species which overlapped niche with *Polypedates megacephalus* were *Rhacophorus taipeianus* (0.25) and *Kurixalus idiootocus* (0.21). As for the percentage of *Polypedates megacephalus* among the total frog numbers, it showed 57% at Waziwei, 27.5% at Bealong Temple, and 72.1% at Tianwei; obviously, *Polypedates megacephalus* is the dominant species at these three areas. We removed 213 male *Polypedates megacephalus* at Waziwei (population was around 628.4), got rid of 31 males at Bealong Temple (population was about 109.5), and took away 77 males and 53 males at two different Tianwei areas separately (population was about 236.9, 547.7). The estimated removal rate of Bealong Temple was over 47.7%. The estimated removal rate of Waziwei was over 28.9%. The rates of two different Tianwei areas were over 75.6% and over 35.4% separately. There is positive relationship between removal number and the volunteers participated. We propose several removal methods for controlling the populations of

Polypedates megacephalus. In the future, we still need volunteers to keep working on removal and monitoring surveys to reduce the risk of *Polypedates megacephalus*' spreading.

Keywords: *Polypedates megacephalus*, distribution, nitche overlap, controlling, monitoring, volunteer removal

目錄

一、前言.....	1
二、研究目的.....	1
三、研究材料及方法.....	6
四、結果與討論.....	10
五、建議.....	28
六、參考文獻.....	34
附錄.....	37

圖目錄

圖一、斑腿樹蛙與白領樹蛙分佈圖.....	11
圖二、各樣區蛙類數量比例圖.....	13
圖三、參與志工人數與移除數量關係圖.....	21
圖四、碧龍宮斑腿樹蛙觀察與移除頻度圖.....	22
圖五、挖子尾斑腿樹蛙觀察與移除頻度圖.....	23
圖六、田尾鴻霖斑腿樹蛙觀察與移除頻度圖.....	24
圖七、田尾蕙洋園斑腿樹蛙觀察與移除頻度圖.....	25
圖八、斑腿樹蛙體長與體重相關圖.....	26
圖九、兩棲類保育網通報系統網頁.....	29

表目錄

表一、斑腿樹蛙分佈地點.....	10
表二、各樣區蛙類調查結果.....	12
表三、鶯歌碧龍宮樣區各次調查物種與數量表.....	14
表四、八里挖子尾樣區各次調查物種與數量表.....	15
表五、彰化田尾樣區各次調查物種與數量表.....	15
表六、碧龍宮蛙類微棲地利用頻度.....	16
表七、碧龍宮蛙類生態區位寬度.....	17
表八、碧龍宮蛙類生態區位重疊度.....	17
表九、碧龍宮地區標記與再捕獲記錄.....	19
表十、挖子尾地區標記與再捕獲記錄.....	19
表十一、田尾地區（鴻霖/蕙洋園）標記與再捕獲記錄.....	19
表十二、各樣區族群估算結果.....	20
表十三、碧龍宮地區各次調查斑腿樹蛙成蛙觀察、標記與移除數量.....	22
表十四、挖子尾地區各次調查斑腿樹蛙成蛙觀察、標記與移除數量.....	23
表十五、田尾（鴻霖/蕙洋園）各次調查斑腿樹蛙成蛙觀察、標記與移除數量.....	24
表十六、斑腿樹蛙與白領樹蛙雄蛙體長與體重比較.....	26
表十七、本研究各卵泡相關資訊.....	27
表十八、本研究與吳和瑾等(2010)結果比較.....	27

一、前言

外來物種可能造成的問題相當多，除了經濟上的損失外，最直接的影響就是與原生物種競爭、排擠或雜交，嚴重影響當地的生物多樣性。兩棲類具有良好的躲藏能力、偵測率低、高生殖效率與可長時間不進食的特性，一旦讓外來兩棲類適應當地環境並建立族群，結果通常是難以移除。因此對於控制外來種的入侵擴散，最好於外來種剛入侵時便加以控制監測，以避免其快速擴散造成後續難以抑制。

斑腿樹蛙(*Polypedates megacephalus*)原產於華南、香港、海南島、印度、中南半島等地區。台灣本島於 2006 年在彰化田尾發現，可能跟隨水生植物等植栽引入台灣，但來源不明。2006 年後斑腿樹蛙由彰化田尾引入至台中梧棲，2010 年經由兩棲類保育志工回報及進一步的確認調查，發現斑腿樹蛙已於台中石岡一帶擴散，並在新北市八里區、鶯歌區等地也陸續確認其分佈。斑腿樹蛙目前雖呈小區域零星分佈，但由於斑腿樹蛙與台灣原生的白領樹蛙(*Polypsesates braueri*)不但親緣關係接近，偏好棲地類型也相同，一旦入侵將與白領樹蛙及其他本土蛙種競爭排擠，影響當地的生物多樣性，為此有必要進行控制與監測。然而目前並無針對台灣地區外來種斑腿樹蛙的基礎生態研究資料，因此亟需進行相關資料收集，以便及早建立斑腿樹蛙的控制與監測機制，保育台灣的生物多樣性。

二、研究目的

本研究目的包括：完成台灣地區斑腿樹蛙分佈現況與基礎生物學調查、了解斑腿樹蛙對台灣原生蛙種所造成的影響，以及提出外來種斑腿樹蛙的控制與監測建議。根據研究目的，進行斑腿樹蛙在台灣的分佈過程與簡介、外來入侵蛙類簡介與危害、外來入侵蛙類的管理進行文獻探討。

(一) 斑腿樹蛙在台灣的分佈過程 (楊懿如 2012)

斑腿樹蛙屬於樹蛙科泛樹蛙屬(*Polypedates*)，與台灣原生種白領樹蛙(*Polypedates braueri*)外型與生態習性非常相近。白領樹蛙早期的學名為 *Polypedates leucomystax*，這也是白領樹蛙中文俗名的由來，但 1986 年日本學者 Matsui 等人認為台灣的白領樹蛙應與 Hallowell 在 1861 年發表，產自香港的 *Polypedates megacephalus* 同一種，因此白領樹蛙學名便改為 *Polypedates megacephalus*。2004 年自然科學博物館周文豪副館長比較香港與台灣的白領樹蛙 DNA 與叫聲，則認為台灣的白領樹蛙就是 1911 年以採集自台灣的標本命名的 *Polypedates braueri*，因此目前白領樹蛙學名為 *Polypedates braueri*。

2006 年林正雄先生自彰化田尾購買上面附有泡沫卵塊的水草，並帶回台中梧棲家中。之後家中庭院出現外型與白領樹蛙相近，但叫聲不同的褐色樹蛙，後來通知當時正在進行白領樹蛙分類研究的臺灣師範大學生命科學系研究生張天佑，經過 DNA 序列確認遺傳距離，且此族群與臺灣原生白領樹蛙在外部型態有顯著差異，雄蛙的求偶叫聲也顯著不同，確認這些來自彰化田尾與台中梧棲的樹蛙是香港也有分佈的 *Polypedates megacephalus*(斑腿樹蛙)，與台灣原生的白領樹蛙 *Polypedates braueri* 不同種。

2010 年兩棲類保育志工詹見平通報台中石岡發現斑腿樹蛙，之後陸續有志工在新北市八里挖子尾、觀音山、新莊、蘆洲、桃園縣鶯歌、龜山等地發現，這些地點的族群特徵都是 2006 年後才出現，且族群密度高，擴散速度快。依據這些原因，2010 年確認斑腿樹蛙為台灣外來入侵種。

(二)斑腿樹蛙簡介（楊懿如 2012）

1.成體外型特徵

斑腿樹蛙雄蛙體長約 5 公分，雌蛙約 7.4 公分，雌蛙顯著比雄蛙大很多（吳和謹、林春富、葉大詮、呂光洋，2010）。吻端尖，鼓膜明顯。身體扁平修長，背部深褐色、褐色或淺褐色，有縱條紋、斑點、X 或「又」字型花紋，個體間變化很大。四肢修長，有黑色橫帶，趾端吸盤明顯，後肢趾間有蹼，前肢趾間沒有蹼。腹部白色，腹側有網狀花紋。大腿內側有網狀斑，網紋較粗，類似黑底白點狀。

2.繁殖期與生殖行為

斑腿樹蛙的繁殖期從 2 月到 10 月，但北部地區比較晚，4 月之後才會進入繁殖期。牠們在晚上活動，白天躲在樹上、灌叢或排水管中休息。雄蛙有單一鳴囊，晚上常常端坐在蓄水的水桶上、藏身在水域旁的草叢裡，或躲在樹上的葉叢中或樹幹上，發出細小微弱、有點像睡覺磨牙發出的「嘎嘎嘎」連續叫聲，要仔細聽才能聽到。雌蛙受雄蛙叫聲吸引，主動接近雄蛙與之交配，產卵在水邊或樹上。

3.卵及蝌蚪

卵塊是圓形泡沫型，直徑約 7-9 公分，剛產的卵塊有黏性，常黏在水桶壁、水草、苗木、樹木、岸邊草叢等處，呈黃色或藍灰色。泡沫卵塊外層遇空氣會變乾，但內部保持潮濕，可耐乾旱，因此卵塊可以藉由黏在園藝植物上運送到各地。根據吳和謹等人的觀察發現，雌蛙一年多次產卵，每次產卵平均 600 粒，可高達 1000 粒。卵在一星期內孵化成蝌蚪，蝌蚪大型褐色，尾鰭高而薄，吻端有一顆小白點。蝌蚪其約 1.5 個月，但會過冬，此時蝌蚪期可長達半年。蝌蚪對溶氧的需求不高，經常在很多蛙類無法生存的污濁、低溶氧水域環境發現斑腿樹蛙蝌蚪，適應力非常好。

4.和原生種白領樹蛙之比較

臺灣原生種白領樹蛙和外來種斑腿樹蛙成蛙的體型大小、身體顏色或花紋都很相似，不易區分。原則上，白領樹蛙大腿內側花紋是細網紋，斑腿樹蛙的大腿內側花紋網紋很粗像黑底白點。白領樹蛙背部通常有 4 條縱紋或細點，斑腿樹蛙有縱紋、X 或又字文，但變化很大。白領樹蛙吻較圓，身體較胖，斑腿樹蛙吻較尖，身體較修長，但不是很客觀。白領樹蛙和斑腿樹蛙最大的差異在叫聲，白領樹蛙的叫聲是連續響亮的「搭搭搭」，斑腿樹蛙是微弱的「嘎嘎嘎」，完全不同。

白領樹蛙和斑腿樹蛙的繁殖期都是春天及夏天，在靜水域繁殖，產黃色泡沫型卵

塊，蝌蚪的吻端都有一個小白點，無法區分。白領樹蛙一次產約 300-400 粒卵，比斑腿樹蛙少很多。白領樹蛙廣泛分佈在全臺灣平地到海拔 1200 公尺的山區，斑腿樹蛙主要分佈在西部的平地，目前僅在鶯歌碧龍宮及台中石岡一帶同時有兩種樹蛙分佈的紀錄。

(三) 外來入侵蛙類的介紹與危害

外來種是指一物種因氣候、地理變化，或人類引進，遷徙到以前沒有分佈的地區 (Vermeij 1996)，其中約有 1% 的物種會在該地建立起自然族群，則稱為「入侵種」(Cox 1999 引用自侯平君 2011)。外來種出現的原因可分為以下幾類：(1) 農業或貿易的需求，引進大量動植物做為食物來源，或是藥用、飼料等等。(2) 娛樂、觀賞價值。(3) 生物防治。(4) 刻意或無意的夾帶。(5) 科學用途。(6) 原來棲地改變 (McNeely 2001)。外來種因以上因素進入世界各地原先沒有分佈的範圍 (Maynard and Nowell 2009)，並成為入侵種後，對於生態系可能造成的危害包括：(1) 捕食原生物種或與其競爭資源。(2) 與原生物種雜交。(3) 攜帶疾病或寄生蟲傳染給原生種，導致其族群數量降低甚至滅絕 (Lever 2003)。(4) 造成入侵地生態系統的改變 (Beard 2005, 2006)。除此之外，還會對經濟層面產生負面影響，根據估計，美國每年因入侵種而付出的代價 (包含實質破壞、控制費用、人體健康影響及其他相關事實) 高達 136 億美金以上 (Pimentel *et al.* 2000)。

入侵種對於生物多樣性的威脅眾所皆知，但兩棲類入侵種近年來才開始受到注目，相較於其他生物類群，相關的研究仍不多 (Ernst *et al.* 2011)，而外來種的引入 (Wilcove *et al.* 1998) 便是全球兩棲類有 30% 受到滅絕的威脅 (Baillie *et al.* 2004) 的原因之一。著名的例子包括海蟾蜍 (*Bufo marinus*) 因生物防治的目的引入澳洲 (Brandt 1990)，其廣泛的食性、具有毒性、為病原體載體等特性，使得當地生態系統大受威脅。波多黎各樹蛙 (*Eleutherodactylus coqui*) 最初隨著園藝植物的貿易意外被引進到夏威夷，而後亦隨著園藝植物的貿易在夏威夷群島間擴散，建立了約 250 個野生族群，且有增加的趨勢 (Kraus and Campbell III 2002)。波多黎各樹蛙是一種廣食性的食蟲動物 (generalist insectivore)，此生物特性加上驚人的族群密度 (Beard and Pitt 2005) 會對當地原生種無脊椎動物產生危害 (Beard *et al.* 2008)；也因其大量的排泄物和屍體，增加了該地養分循環速率且提高土地營養鹽濃度的作用，不利於已適應低營養鹽環境的原生植物與外來植物競爭，最後將可能導致外來植物的大量擴散 (Sin *et al.* 2008)，進而改變生態環境 (Beard 2005, Sin 2008)。波多黎各樹蛙也造成了經濟上的損失，包括花卉園藝出口量下降、更嚴格的檢疫檢查產生的花費，對當地花卉產業造成相當大的損失 (Beard *et al.* 2009)；當地的房價也與波多黎各樹蛙的干擾 (居民對波多黎各樹蛙的抱怨) 呈負相關。夏威夷政府每年單就控制波多黎各樹蛙的花費約為 280 萬美元，用於開發更合適的檢測及控制方法花費則高達近 600 萬美元 (Kaiser and Burnett 2006)。也因其嘹亮的求偶鳴叫聲 (半公尺內達 85-90 分貝)，許多夏威夷居民及遊客難以入眠，導致改變人們正常的生活作息時間 (Beamish 2004)。美國牛蛙 (*Rana catesbeiana*) 在美國西南部因捕食、攜帶病原體 (Lever 2003) 或因人為棲地破壞導致原生蛙類 (如加州紅腿蛙 (*Rana*

draytonii)迫使與之產生資源上的競爭(D'Amore *et al.* 2010)，造成 5 種以上原生兩棲類族群衰退(Pearl *et al.* 2004)；在中國大陸與台灣亦導致原生兩棲類的生存受到威脅(李成等 2004)。花狹口蛙(*Kaloula pulchra*)可能隨著原木漂流或是寵物遭棄養而入侵台灣(楊懿如 2005)，最早在高雄林園及鳳山水庫一帶被發現，短短十年間往南擴散到輔英科技大學，往北達楠梓高雄都會公園及岡山一帶。雖就目前情況而言，花狹口蛙對於台灣原生蛙類或生態系尚無負面影響，但以其高繁殖力與強適應性的特徵可推測其可能會成為危險的入侵種(侯平君 2011)。

(四) 外來入侵蛙類的管理

入侵種就全球層面來說，對於生物多樣性與生物滅絕都有嚴重的影響，所以大規模的研究可以協助管理入侵種，消除或減少其負面影響(Ficetola *et al.* 2007)。回顧以上例子，管理入侵種首要的部分就是預防入侵種進入尚未分佈的地區，主要方法為制定相關政策或法律，以及提高公眾意識。若確定已成為入侵種，其因應措施包含了移除與監控。移除方法分為物理方法與生物方法：如直接捕捉移除，以及針對物種特性與當地環境設計其因應策略。成功完全移除外來入侵種的條件有三個：(1)使用之移除技術或工具必須對目標物種的所有個體都有效。(2)目標物種的移除速率必須超過其族群增加速率。(3)遷入速率或再入侵的機會為零(林德恩等 2010)。監控主要避免族群持續存在與擴散，方法包括機械性控制(如陷阱或直接捕捉)、化學性控制(如噴灑殺蟲劑)、生物防治與綜合以上各種方法。

不同階段應採取不同的因應管理措施。在最初之時，應預防物種進入，這是最有效也是最重要的方式；若物種(活體)已進入，管理的方式為早期的偵測、快速的反應與全面移除，此時應提供公權力及經費進行移除及監控計畫；若物種已在入侵地建立族群者，亦應提供公權力與經費協助監控及減緩擴散之計畫；若族群已擴散，造成生態、人類健康或經濟影響者，人類則需做調適，如改變行為或容忍因入侵種帶來的損失，並需建立國家級的入侵種生物管理中心(Davis 2009)。

與台灣同為島嶼的夏威夷，對於波多黎各樹蛙的管理措施，可以做為台灣面臨兩棲類入侵種時的重要參考。目前夏威夷針對波多黎各樹蛙較有效的控制方法大致分為化學性控制(Chemical Control)及機械性控制(Mechanical Control)(Beard *et al.* 2009)。化學性控制是少數被證明能運用於大區域面積的控制方法(Campbell and Kraus 2002)。噴灑 16 %檸檬酸溶液(citric acid solution)是目前最適合應用於夏威夷島的化學性控制方法，其效果不僅表現於蛙體本身，同時也能降低蛙卵之孵化率(Sin and Radford 2007)。檸檬酸在分類上屬於低風險的殺蟲藥劑，無須經過聯邦殺蟲、滅菌及滅鼠劑檢驗單位(FIFRA)檢驗即可施用，但因其較高的成本(約每加侖一美元)、以及對某些經濟花卉潛在的毒害，故其不被廣泛地運用(Beard *et al.* 2009)。

機械式控制也稱做非化學性控制(non-chemical control)，以物理性的操作方式達到

控制及移除；主要有徒手捕捉法(hand capture)、棲地管理(habitat management)、熱水處理法(hot water treatment)及障礙物的安置(placement of barriers)等。徒手捕捉法適用於較小的範圍，主要是利用視覺及聽覺進行波多黎各樹蛙的搜尋並以人力方式移除；棲地管理是藉由改變棲地環境以減少適合外來種棲息的环境，如移除稠密的植物可減少波多黎各樹蛙的食物及遮蔽物來源，某些程度的棲地管理可同時提升化學性控制之效果，增加化學藥劑接觸蛙體的機會；熱水處理法指利用熱水或熱蒸氣對波多黎各樹蛙個體及附著於植株上的蛙卵進行消除，標準操作程序為 45°C 熱水噴灑 3 分鐘後 1 分鐘冷水冷卻，可在對苗圃植物傷害較小的情形下有效殺死多數的波多黎各樹蛙成體及卵，但某些對溫度敏感的開花植物如蘭科(orchids)及鳳梨科(bromeliads)則較不適合；障礙物安置主要是利用一些簡易的人為屏障，防止波多黎各樹蛙族群持續擴散或方便相關人員進行移除(Sin and Radford 2007)。

三、研究材料及方法

(一) 分佈調查

斑腿樹蛙分佈調查以研究團隊野外調查為主，並搭配兩棲類保育志工及蛙友的調查回報，透過照片與鳴叫聲音的確認，若無法判定時，將由調查團隊前往現場調查確認之。記錄調查地點的棲地類型、座標(TM2—TWD97)與海拔高度(m)。

(二) 共域蛙類組成

根據 2010 年回報並勘查確認，得知挖子尾（新北市八里區）、碧龍宮（新北市鶯歌區）及田尾（彰化縣田尾鄉）已有穩定的斑腿樹蛙族群，遂設定此三個地區為固定樣區，自 2011 年四月至十二月間，每月進行一次蛙類例行調查，紀錄種類、調查方式、數量、生活型態、行為、棲息地（蛙類普查用微棲地）；並比較各樣區物種組成及優勢性，以及各物種的季節數量變化。

(三) 微棲地利用

針對碧龍宮樣區進行斑腿樹蛙及其他共棲蛙類微棲地利用比較。碧龍宮樣區面積約 6,500m²，區內棲地類型豐富，包含農耕地、竹林林、水池、步道、溪溝、樹林，且曾於 2010 觀察到斑腿樹蛙與白領樹蛙的紀錄，以兩棲普查的棲地類型為基礎，再針對碧龍宮樣區細分適用的微棲地類型；計算各物種的生態區位寬度與生態區位寬度。以 Levins(1968)發展的生態區位寬度公式計算各物種的環境棲地類型生態區位寬度，並以 Hurlbert(1984)發展的公式將之標準化，標準化後的值會介於 0 與 1 之間。公式如下：

$$B = \frac{1}{\sum p_i^2} \quad \text{微棲地生態區位寬度}$$

$$B_A = \frac{B-1}{n-1} \quad \text{標準化後的微棲地生態區位寬度}$$

p_i = 第 i 種微棲地的出現次數佔所有微棲地的出現次數比例

n = 微棲地的總數

將各物種的微棲地生態區位寬度，以 Pianka (1973) 發表的生態區位重疊度進行計算，算出各物種間微棲地生態區位重疊度。公式如下：

$$O_{jk} = \frac{\sum p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{\sum p_{ij}^2 \sum p_{ik}^2}} \quad \text{微棲地生態區位重疊度}$$

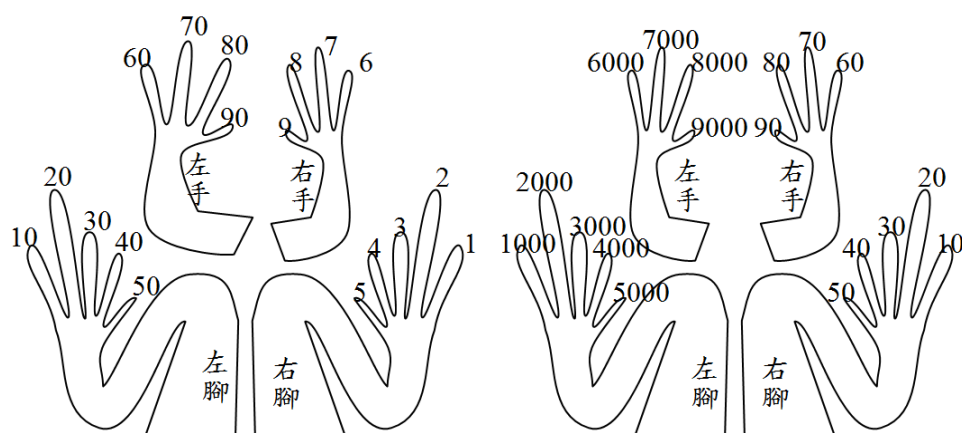
p_{ij} = 物種 j 在第 i 種微棲地的出現次數佔所有微棲地出現次數的比例

p_{ik} = 物種 k 在第 i 種微棲地的出現次數佔所有微棲地出現次數的比例

n = 微棲地的總數

(四) 個體標記

為評估斑腿樹蛙的族群量及移除的成效，需針對挖子尾、碧龍宮及田尾等三個固定樣區，進行斑腿樹蛙的個體標記。於 2011 年四月至六月間進行 2-3 次的標記，盡可能捕捉樣區內可觀察到的雄蛙，採用 Hero's 剪趾編碼系統進行標記，標記後釋放回原捕捉處；為避免組織復生影響判定，至少剪到第一指節，且剪趾切口須傾斜角度，確保組織復生時會歪一邊，以便後續判讀。爾後則不再進行標記，並直接移除所捕獲的雄蛙。調查期間直接移除所捕獲的雌蛙與幼蛙，不進行個體標記與估算。



註一：右邊為個位數及百位數、左邊為十位數及千位數；

註二：計算時分別由外向內計數，如編號「36」者，則標記左腳外向內第三趾，右手外向內第一趾；

註三：倘若標記超過百位數時，有機會剪到同側兩趾，且會有重複的情況，如「103」與「301」兩者均是剪右後腳第一、三趾，為避免此情況發生，規則上限制數字小者為高位數，因此，只會有「103」不會有「301」的編號；

(五) 族群估算

為兼顧族群估算與外來種移除，僅於 2011 年四月至六月間進行 2-3 次的雄蛙標記，爾後直接移除所有個體，不再進行標記。採取 Bailey's triple-catch method 進行繁殖季前期的雄蛙族群估算，無法兼顧全期的族群估算。此法需進行三次調查，前兩次需標記後釋回，可估算第二次調查的族群估算量、第二次調查的族群估算的標準差、存活率、存活率的標準差、新增率，並假設存活率與新增率不變的前提下，估算第一次及第三次的族群量。

$$\hat{M}_{21} = \frac{(m_{31}+1)(r_2+1)}{m_{32}+1} - m_{21} \quad \text{第一次標記族群能續存到第二次的數量}$$

$$\hat{N}_2 = \frac{\hat{M}_{21}(n_2+1)}{m_{21}+1} \quad \text{第二次調查族群估算量}$$

$$SE_{\hat{N}_2} = \sqrt{\hat{N}_2(\hat{N}_2 - n_2) \left[\frac{\hat{M}_{21} - m_{21} + r_2}{\hat{M}_{21}} \left(\frac{1}{m_{32}} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{1}{m_{21}} - \frac{1}{n_2} \right]} \quad \text{第二次調查族群變方}$$

$$\hat{\phi}_1 = \frac{\hat{M}_{21}}{r_1} \quad \text{存活率}$$

$$SE_{\hat{\phi}_1} = \sqrt{\hat{\phi}_1^2 \frac{(\hat{M}_{21} - m_{21})(\hat{M}_{21} - m_{21} + r_2)}{\hat{M}_{21}^2} \left(\frac{1}{m_{32}} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{1}{\hat{M}_{21}} - \frac{1}{r_1}} \quad \text{存活率的變方}$$

$$\hat{g}_2 = 1 - \frac{(m_{31}+1)n_2}{m_{21}(n_3+1)} \quad \text{新增率}$$

n_i = 第 i 次調查捕捉到個體數

m_i = 第 i 次調查有捕捉到第 j 次的個體數

m_{21} = 第 2 次調查有捕捉到第 1 次標記的個體數

m_{31} = 第 3 次調查有捕捉到第 1 次標記的個體數

m_{32} = 第 3 次調查有捕捉到第 2 次標記+第 1、2 次都標記的個體數

r_i = 第 i 次調查釋放的個體數

r_1 = 第 1 次調查釋放的個體數

r_2 = 第 2 次調查釋放的個體數（包含捕捉到第一次標記的個體）

(六) 水桶陷阱

針對八里挖子尾地區農墾地、竹林及蘆葦叢的族群進行測試。使用直徑 30 cm、高 30 cm 的中型圓水桶，將蓋子中央輻射切開 10 cm，呈 12 幅狀，並局部加熱使其向下凹陷成漏斗狀；將漏斗狀蓋子綁在水桶上，加入半桶水後放置在樣區中陰涼處。除了每月一次的例行調查外，並於五月培訓新北市永續環境教育中心志

工協助每週的陷阱巡視，記錄水桶陷阱捕獲的種類與數量。。

(七) 志工移除

針對田尾地區「鴻霖園藝」及「蕙洋園」等兩家水生植物業者進行測試，先於四、五月各進行兩次調查與標記，在六月 25 日舉辦兩棲類保育志工增能工作坊，並於當日夜間進行志工移除的工作。此後，連同「碧龍宮」及「挖子尾」樣區，持續進行每月一次的蛙類調查與並同時移除斑腿樹蛙。為避免因外來種族群估算而讓該族群不斷繁衍，調查其間便開始進行雌蛙、幼蛙、蝌蚪及卵泡的移除，以減少未來繁衍的機會。

將捕獲的雄蛙、雌蛙、幼蛙，放置夾鍊袋中，記錄採集時間、地點、採集者、型態、數量後，迅速至入-20℃冰箱中冷凍，保留作為後續研究之用。而蝌蚪及卵泡的部分，則直接以水網撈起，放置在附近地面乾燥。

(八) 基礎生物學資料

1. 成蛙體型分析

於固定樣區進行個體標記或移除時，同時以游標尺與電子秤測量捕獲個體之體長（0.1 mm）與體重（0.1g），並與過去文獻資料作比較。

2. 產卵數與孵化率

於三月26日自彰化縣田尾鄉採集11顆卵泡、四月17日自桃園縣鶯歌鎮碧龍宮採集2顆卵泡，每顆卵泡皆給予編號(田尾鄉:A~K;碧龍宮:L、M)。將卵泡帶回實驗室孵化，放置於52cm×25cm×12cm的塑膠盆中，為防止卵泡過於乾燥及便於觀察蝌蚪孵化情形，於塑膠盆底部加入1cm深的曝氣自來水。當卵泡溶化、蝌蚪孵化並從卵泡流出後，便將塑膠盆內的水深加至8cm深，使卵泡浸入水中，並計算未孵化的卵數與蝌蚪數。

為避免剛孵化的蝌蚪因搬動造成死亡，因此蝌蚪繼續飼養於塑膠盆中，不另外移出飼養。蝌蚪的餵食頻度為3日一次，給與溪魚飼料，並定時倒入曝氣過的自然水，使水深維持8cm。蝌蚪的發育階段參考Gosner (1960)對蝌蚪的分期標準，紀錄蝌蚪孵化後至第 37 發育期(長出後肢且 5 趾均已分開)的日數、發育至幼蛙的變態率。

(九) 訪談調查

針對各調查區域之當地居民進行訪談，詢問斑腿樹蛙在當地的情況。另外針對田尾地區的水生植物業者進訪談，瞭解其作業情況，並初步討論可能的控制與移除方案。

四、結果與討論

(一) 斑腿樹蛙分佈調查

彙整今年度斑腿樹蛙調查與回報的資料，目前已確認斑腿樹蛙分佈於台北市木柵動物園；新北市八里、五股、蘆洲、新莊、樹林、鶯歌、板橋、土城；桃園縣龜山、楊梅、蘆竹、八德；台中市梧棲、石岡、台中都會公園；彰化縣田尾、埤頭；雲林縣北港；連江縣南竿（馬祖）等地均有調查紀錄（表一）。多數樣區都有觀察到雌蛙、卵泡或蝌蚪的紀錄，顯見這些區域的斑腿樹蛙族群均已進入繁衍的階段。

表一、斑腿樹蛙分佈地點

縣市	鄉鎮區	地點	環境	T97E	T97N	海拔
台北市	文山區	木柵動物園	水生植物池	309551	2765060	80
新北市	八里區	挖子尾	菜園、竹林	291980	2784387	2
		長坑國小	水生植物池	289407	2779761	40
	五股區	胡公廟菜園	菜園、竹林	293672	2777483	40
		御史坑	菜園、竹林	292721	2777077	80
		旗竿湖	菜園、竹林	293056	2777296	140
		頂寮	菜園、竹林	294330	2779684	160
		凌霄亭	竹林、樹林	292779	2780907	570
		蘆洲區	堤外菜園	299564	2776027	0
	新莊區	社大菜園	菜園	294613	2772758	20
		私人菜園	菜園	294560	2771491	20
	樹林區	三多菜園	菜園	291030	2767299	36
	鶯歌區	碧龍宮	菜園、竹林	286923	2761631	140
		阿四坑	菜園、竹林	287159	2761890	130
	板橋區	浮洲溼地	水生植物池	294485	2766627	20
	土城區	城林溼地	水生植物池	293731	2763003	20
桃園縣	龜山鄉	福源山步道	農地、竹林	285636	2764059	100
		春天農場	水生植物池	284022	2765685	120
	楊梅鎮	溼地	水生植物池	267917	2759293	173
	蘆竹鄉	私人菜園	菜園	275987	2765532	92
	八德市	埤塘生態公園	水生植物池	281618	2759574	120
台中市	梧棲區	私人菜園	菜園	203052	2680968	10
		林宅	水生植物池	202402	2680769	10
	石岡區	私人菜園	菜園	227852	2685444	290
		土牛村	菜園	230186	2684903	310
		沙連墩	菜園	229312	2685706	290
		德興田園	菜園	231105	2684272	320
		台中都會公園	水生植物池	209059	2678064	300
	西屯區					
彰化縣	田尾鄉	蕙洋園	水生植物業者	201973	2644799	26
		鴻霖園藝	水生植物業者	201917	2644423	26
		菁芳園	水生植物池	202654	2644697	27
		清水溝生態池	水生植物池	199027	2643616	9
	埤頭鄉	埔尾	水生植物池	197686	2642840	20
雲林縣	北港鎮	北港朝天宮前	住宅區	179009	2607370	0
連江縣	南竿鄉	連江建設局	菜園	143854	2894015	37

進一步從台灣兩棲類動物資源資料庫中，彙整 2007 年至 2011 年的白領樹蛙與斑腿樹蛙調查資料（圖一）。斑腿樹蛙分佈海拔範圍以 570 公尺以下地區，環境類型以開墾地為主；而白領樹蛙從平地到 1,200 公尺，環境類型以開墾地、闊葉林為主。其中僅新北市鶯歌區碧龍宮、桃園線龜山鄉福源山步道、春天農場，以及台中市石岡區土牛村，有同時觀察到斑腿樹蛙和白領樹蛙的分佈，這些地點都位於淺山區的農墾地。



圖一、斑腿樹蛙與白領樹蛙分佈圖。

(二) 共域蛙類組成

根據鶯歌碧龍宮、八里挖子尾、彰化田尾的調查，共計有 17 種蛙類，以碧龍宮的 15 種最多，挖子尾與田尾的 7 種次之。各物種數量及比例包括：黑眶蟾蜍 30 隻次 (2.8%)、盤古蟾蜍 25 隻次 (2.4%)、中國樹蟾 47 隻次 (4.4%)、小雨蛙 48 隻次 (4.5%)、拉都希氏赤蛙 161 隻次 (15.2%)、澤蛙 108 隻次 (10.2%)、貢德氏赤蛙 57 隻次 (5.4%)、古氏赤蛙 32 隻次 (3.0%)、長腳赤蛙 13 隻次 (1.2%)、金線蛙 2 隻次 (0.2%)、虎皮蛙 (幼蛙) 1 隻次 (0.1%)、牛蛙 (幼蛙) 12 隻次 (1.1%)、日本樹蛙 30 隻次 (2.8%)、褐樹蛙 1 隻次 (0.1%)、面天樹蛙 2 隻次 (0.2%)、台北樹蛙 6 隻次 (0.6%)，以及斑腿樹蛙 484 隻次 (45.7%)，三個樣區均未發現白領樹蛙 (表二)；整體而言，斑腿樹蛙比例將近一半。若以各樣區來看來，碧龍宮的拉都希氏赤蛙 (29.4%) 為最多，斑腿樹蛙 (27.5%) 次之，而挖子尾與田尾地區的斑腿樹蛙均為最多的種類 (挖子尾 57.0%、田尾 71.2%) (圖二、表三、表四、表五)。

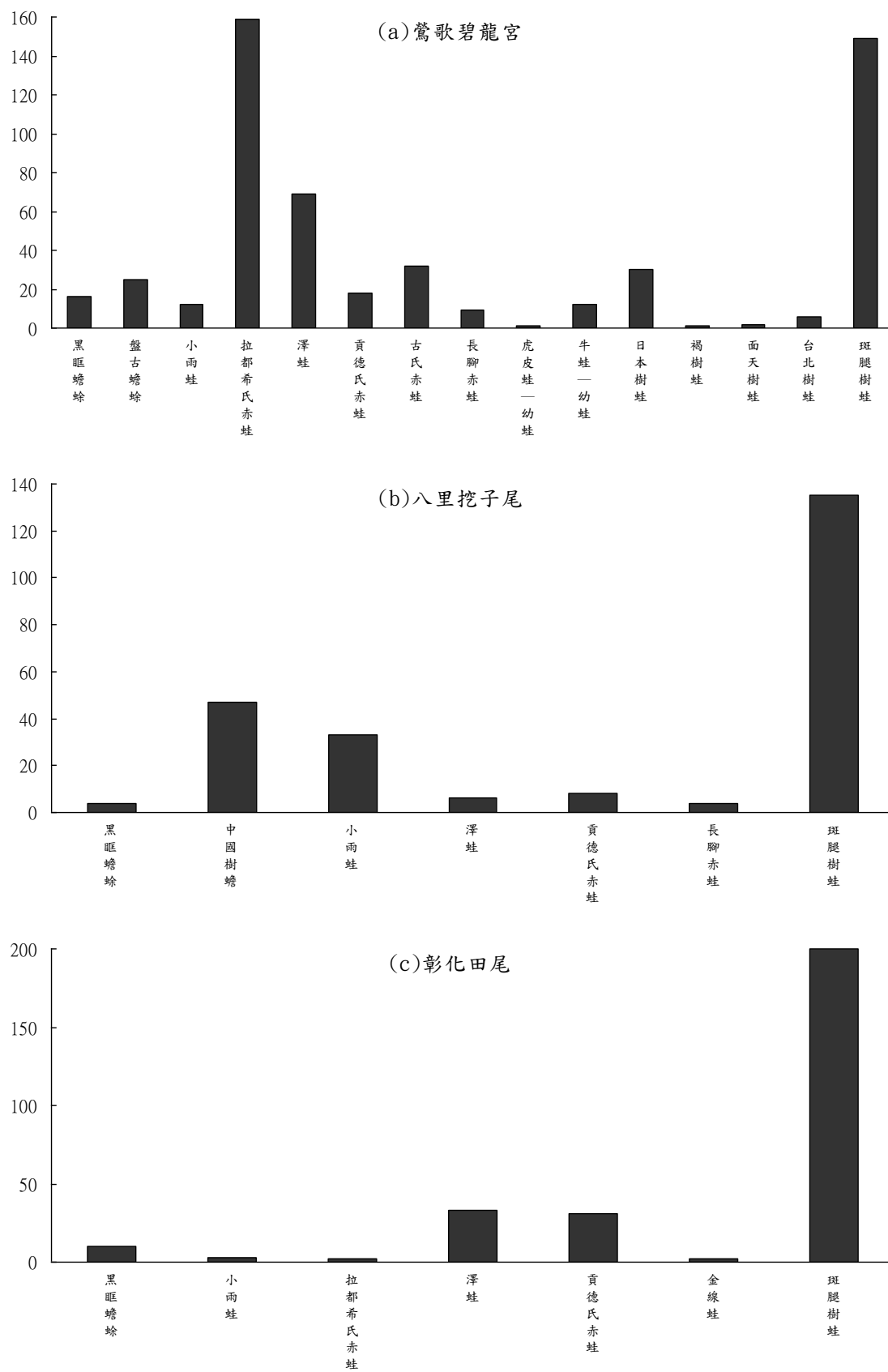
斑腿樹蛙與其他原生物種間，在繁殖季節、繁殖場所與棲息特性上有所隔離，僅和中國樹蟾較為重疊。在平原開墾區除了既有的大型天敵外 (如蛇類)，缺乏中大型的數棲性競爭蛙類，其他中大型的蛙類，幾乎都是底棲性或水棲性，導致斑腿樹蛙在沒有太多競爭壓力的情況下拓殖的速度相當快，無形間增加入侵擴散的潛在風險。

表二、各樣區蛙類調查結果

種類	繁殖 季節	繁殖 場所	棲息 特性	鶯歌 碧龍宮	八里 挖子尾	彰化 田尾	總計 隻次	比例 %
1. 黑眶蟾蜍	春夏	永久靜水域	底棲	16	4	10	30	2.8
2. 盤古蟾蜍	冬	流水域	底棲	25			25	2.4
3. 中國樹蟾	春夏	永久靜水域	樹棲		47		47	4.4
4. 小雨蛙	春夏	暫時性水域	底棲	12	33	3	48	4.5
5. 拉都希氏赤蛙	全年	永久靜水域	水棲	159		2	161	15.2
6. 澤蛙	春夏	永久靜水域	底棲	69	6	33	108	10.2
7. 貢德氏赤蛙	春夏	永久靜水域	水棲	18	8	31	57	5.4
8. 古氏赤蛙	春夏	流水域	水棲	32			32	3.0
9. 長腳赤蛙	冬	永久靜水域	底棲	9	4		13	1.2
10. 金線蛙	春夏	永久靜水域	水棲			2	2	0.2
11. 虎皮蛙 (幼蛙)	春夏	永久靜水域	底棲	1			1	0.1
12. 牛蛙 (幼蛙)	-	永久靜水域	底棲	12			12	1.1
13. 日本樹蛙	夏	流水域	底棲	30			30	2.8
14. 褐樹蛙	夏	流水域	樹棲	1			1	0.1
15. 面天樹蛙	春夏	暫時性水域	樹棲	2			2	0.2
16. 台北樹蛙	冬	暫時性水域	樹棲	6			6	0.6
17. 斑腿樹蛙	春夏	永久靜水域	樹棲	149	135	200	484	45.7
總計				541	237	281	1059	

註 1：以上結果除虎皮蛙與牛蛙為幼蛙外，其他物種僅呈現成蛙部分

註 2：以上資料僅呈現有做所有蛙類族群調查的部分，若單獨移除斑腿樹蛙而未做其他物種記錄者，未併入計算。



圖二、各樣區蛙類數量比例圖。

表三、鶯歌碧龍宮樣區各次調查物種與數量表

種類	4/17	4/28	5/30	6/24*	7/4	8/1	8/26	9/23	10/28	11/25	12/23	總計
黑眶蟾蜍	1	9	1	1		2	1	1				16
盤古蟾蜍	7	7	1	1	1				3	4	1	25
小雨蛙	1	3	6				1		1			12
拉都希氏赤蛙	27	17	23	1	19	2	9	2	13	16	30	159
澤蛙	3	1	28	6	7	5	7	8	2	2		69
貢德氏赤蛙		1	2	6	4	3	1		1			18
古氏赤蛙	1	1	7		7	2		5	5	1	3	32
長腳赤蛙							1	2	2	1	3	9
虎皮蛙（幼蛙）											1	1
牛蛙（幼蛙）	1		2			1			2	6		12
日本樹蛙	2	2	16	2	2	3	3					30
褐樹蛙						1						1
面天樹蛙					2							2
台北樹蛙		1									5	6
斑腿樹蛙	32	39	19	11	16	10	5	8	5	4		149
總計	75	81	105	28	58	29	28	26	34	34	43	541

註 1：以上結果除虎皮蛙與牛蛙為幼蛙外，其他物種僅呈現成蛙部分

註 2：碧龍宮 6/24 調查因大雨暫停，於 7/4 補調查。

註 3：7/4 以後開始移除斑腿樹蛙

表四、八里挖子尾樣區各次調查物種與數量表

種類	04/09	05/06	06/10*	09/02*	10/01*	11/12	12/10	總計
黑眶蟾蜍	2	2						4
中國樹蟾	25	6	5	1	4	4	2	47
小雨蛙	9	14	2	2	2	4		33
澤蛙		4		2				6
貢德氏赤蛙		6	1			1		8
長腳赤蛙	1					1	2	4
斑腿樹蛙	8	41	11	51	16	8		135
總計	45	73	19	56	22	18	4	237

註 1：06/10、09/02、10/01 僅新竹林樣區的斑腿樹蛙觀察記錄；

註 2：07/01 以後開始移除斑腿樹蛙

表五、彰化田尾樣區各次調查物種與數量表

種類	04/29		05/21		08/28	09/24		10/29	11/26		12/24		總計
	鴻霖	蕙洋	鴻霖	蕙洋	蕙洋	鴻霖	蕙洋	蕙洋	鴻霖	蕙洋	鴻霖	蕙洋	
黑眶蟾蜍	1	1	4	1				2		1			10
小雨蛙		1		1	1								3
拉都希氏赤蛙						1			1				2
澤蛙	3	3	1	11	5	6	2	1	1				33
貢德氏赤蛙	5	4	6	2	7	2	1	2	2				31
金線蛙		1			1								2
斑腿樹蛙	22	47	33	30	11	7	5	5	13	24	1	2	200
總計	31	57	44	45	25	16	8	10	17	25	1	2	281

註 1：06/25、07/30 未記錄斑腿樹蛙觀察記錄。

註 2：06/25 以後開始移除斑腿樹蛙

註 3：08/28、10/29 僅針對蕙洋園所有蛙種進行觀察紀錄

(三) 微棲地利用

針對鶯歌碧龍宮樣區的蛙類進行微棲地利用的分析，15 種蛙類共計使用 28 種微棲地類型(表六)。斑腿樹蛙所使用的類型以農地高水桶及其周圍為主(佔 59.1%)，其次則使用水池岸邊植物、農地水溝邊坡、樹林灌叢，甚少於離水較遠處活動。對所有蛙類來看，最多被使用的棲地類型則是農地底層(佔 18.7%)，以拉都希氏赤蛙、澤蛙、盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍及小雨蛙為主。

表六、碧龍宮蛙類微棲地利用頻度

微棲地	斑腿樹蛙	黑眶蟾蜍	盤古蟾蜍	小雨蛙	拉都希氏赤蛙	澤蛙	貢德氏赤蛙	長腳赤蛙	古氏赤蛙	虎皮蛙 幼	牛蛙 幼	褐樹蛙	日本樹蛙	面天樹蛙	台北樹蛙	總計
<5m 溪流									1							1
人造水池		3			14		1				3					21
人造水池邊坡	2				29	5	12						1			49
人造水池邊坡植物	15		1		5										1	22
人造水泥步道			3		3											6
人造水泥邊坡	3															3
自然水池										1						1
自然水溝					8	2			18		4		8			40
自然水溝邊坡		2			1											3
自然乾溝			1		1	1										3
空地			1										1			2
農地水溝內					11	4		1	13		4		3			36
農地水溝邊坡	14				8	7		3					4		5	41
農地竹林底層	1	1	2	2	13	15		1					1			36
農地低水池內								1			1					2
農地低水池周圍植物	2															2
農地低水池邊緣	2				4	1						1				8
農地底層		10	13	10	34	24	5	2					3			101
農地果樹	2															2
農地高水桶內	11															11
農地高水桶周圍植物	20					2										22
農地高水桶邊緣	57		1													58
農地農舍	3															3
農地暫時性積水					13	7							6			26
農地暫時性積水邊緣			2		13	1		1								17
樹林底層					2								2			4
樹林喬木	3															3
樹林灌叢	14		1										1	2		18
總計	149	16	25	12	159	69	18	9	32	1	12	1	30	2	6	541

各物種使用微棲地的比較（表七），以拉都希氏赤蛙出現在 15 種棲地類型最多，其次是斑腿樹蛙使用的 14 種棲地類型。進一步分析各蛙種生態區位寬度，以拉都希氏赤蛙的 8.41 最高、日本樹蛙的 6.34 次之，再者為斑腿樹蛙與澤蛙的 5.01。若採用標準化的生態棲為寬度，則以牛蛙的 0.81 最高、長腳赤蛙的 0.75 次之，斑腿樹蛙則僅剩 0.31。

表七、碧龍宮蛙類生態區位寬度

物種	斑腿樹蛙	黑眶蟾蜍	盤古蟾蜍	小雨蛙	拉都希氏赤蛙	澤蛙	貢德氏赤蛙	長腳赤蛙	古氏赤蛙	虎皮蛙—幼	牛蛙—幼	褐樹蛙	日本樹蛙	面天樹蛙	台北樹蛙
微棲地個數	14	4	9	2	15	11	3	6	3	1	4	1	10	1	2
區位寬度	5.01	2.25	3.27	1.38	8.41	5.01	1.91	4.76	2.07	1.00	3.43	1.00	6.34	1.00	1.38
標準區位寬度	0.31	0.42	0.28	0.38	0.53	0.40	0.45	0.75	0.54	—	0.81	—	0.59	—	0.38

若比較各物種間的生態區位重疊度（表八），與斑腿樹蛙最為接近的台北樹蛙（0.25）與面天樹蛙（0.21），其他物種與斑腿樹蛙的重疊度較低，且台北樹蛙在繁殖時間上已有明顯的區隔，面天樹蛙則僅有 2 隻次的觀察紀錄，其繁殖場所雖然共用樹林灌叢，但面天樹蛙會將水產在潮濕土壤上，與斑腿樹蛙偏好將卵泡產在永久性靜止水域上方，兩者之間亦有明顯區別，可見斑腿樹蛙在碧龍宮地區，在棲地使用上，並沒有明顯的競爭者，迅速成為當地的優勢蛙種。

表八、碧龍宮蛙類生態區位重疊度

物種	斑腿樹蛙	黑眶蟾蜍	盤古蟾蜍	小雨蛙	拉都希氏赤蛙	澤蛙	貢德氏赤蛙	長腳赤蛙	古氏赤蛙	虎皮蛙—幼	牛蛙—幼	褐樹蛙	日本樹蛙	面天樹蛙	台北樹蛙
斑腿樹蛙	—	.001	.096	.003	.073	.080	.028	.157	.000	.000	.000	.030	.092	.210	.250
黑眶蟾蜍		—	.895	.937	.678	.774	.381	.477	.000	.000	.130	.000	.244	.000	.000
盤古蟾蜍			—	.951	.672	.809	.361	.526	.000	.000	.000	.000	.261	.072	.014
小雨蛙				—	.655	.859	.376	.523	.000	.000	.000	.000	.263	.000	.000
拉都希氏赤蛙					—	.817	.744	.571	.236	.000	.332	.073	.543	.000	.161
澤蛙						—	.448	.700	.128	.000	.120	.032	.517	.000	.223
貢德氏赤蛙							—	.186	.000	.000	.036	.000	.174	.000	.000
長腳赤蛙								—	.142	.000	.187	.000	.448	.000	.713
古氏赤蛙									—	.000	.861	.000	.691	.000	.000
虎皮蛙(幼蛙)										—	.000	.000	.000	.000	.000
牛蛙(幼蛙)											—	.000	.570	.000	.000
褐樹蛙												—	.000	.000	.000
日本樹蛙													—	.084	.329
面天樹蛙														—	.000
台北樹蛙															—

(四) 個體標記

今年度於三個固定樣區，共進行 8 天次的標記工作（碧龍宮 4 天次、挖子尾 2 天次、田尾 2 天次），累計標記 184 隻斑腿樹蛙雄蛙（碧龍宮 53 隻、挖子尾 59 隻、田尾 72 隻），標記總數與單位標記總數，均以田尾地區最高（表九、表十、表十一）。

標記再捕獲的個體共計有 63 隻（碧龍宮 23 隻、挖子尾 20 隻、田尾 19 隻）；標記再捕獲的總比率為 34.2%（碧龍宮 43.4%、挖子尾 33.9%；田尾 26.4%），次數與相對比例均是碧龍宮最高。部分個體有重複再捕獲的紀錄，共累計再捕獲者有 83 隻次（碧龍宮 35 隻次、挖子尾 21 隻次、田尾 27 隻次），以碧龍宮最高。

在 184 隻標記個體中，最後共有 51 隻個體被移除（碧龍宮 15 隻、挖子尾 20 隻、田尾 16 隻）；標記個體中，平均被移除比例為 30.4%（碧龍宮 28.3%、挖子尾 33.9%、田尾 22%），以挖子尾地區最高。有將近七成的雄蛙，最後並未予以捕獲移除，而這些未加以移除的個體，能無法確定是離開樣區調查範圍，還是被天敵捕食，還是因為剪趾標記感染而死亡。不過，剪趾標記亦為一種永久個體標記的技術，未來仍可持續調查，亦可間接得知在樣區內存活的時間。

反觀，全部被移除的雄蛙共有 374 隻（碧龍宮 31 隻、挖子尾 213 隻、田尾 130 隻），其中有標記個體的總比率為 13.6%（碧龍宮 48.4%、挖子尾 9.4%、田尾 12.3%）。移除雄蛙中有標記個體的比例以碧龍宮最高，若假設剪趾標記不影響其存活率與再捕獲移除機率的前提下，可以反推該樣區有較高的比例已被標記過，這除了初期標記的工作次數較多之外，碧龍宮的環境較為封閉，斑腿樹蛙偏好使用農耕地的高水桶，也是導致比例較高的緣故；而挖子尾樣區最低，則反應具有較開放的環境（如：蘆葦叢），或者有許多個體是在六月標記工作結束後，才大量出來活動。

標記再捕獲的時間間隔方面，最久的紀錄為田尾鴻霖園藝，共計有兩隻 4/29 標記、5/21 再捕獲釋回、11/26 再捕獲移除，前後間隔 211 天。

標記再捕獲的空間距離方面，在碧龍宮樣區資料顯示，多在相同位置再捕獲，反應斑腿樹蛙對高水桶這類繁殖場所的高度依賴。而在挖子尾地區則紀錄到 10 筆跨區的現象，包括：3 筆舊竹林至新竹林、1 筆新竹林至舊竹林（新舊竹林間隔約 15-90m，兩竹林間為防風樹林）；1 筆舊竹林至菜園、1 筆菜園至舊竹林（舊竹林與採園間隔約 50-100m，中間具車道與樹林阻隔）、1 新竹林至菜園（兩者間隔約 70-120m，中間具車道與樹林阻隔），3 筆蘆葦至新竹林（兩者間隔約 60-130m，中間具車道與樹林阻隔）。若以 59 隻標記個體，20 隻個體被移除，其中有 10 筆資料會跨區活動，可見斑腿樹蛙在挖子尾地區，繁殖活動季節內跨區活動相當頻繁，跨區移動的距離約 15-130m，與碧龍宮地區多數固守相同高水桶的結果大相逕庭。

表九、碧龍宮地區標記與再捕獲記錄

調查	日期	標記	再捕獲各日期標記的數量					移除 標記
			04/17	04/28	5/30	6/24*	小計	
標記	04/17	21	—	—	—	—	—	—
	04/28	18	11	—	—	—	11	—
	05/30	9	5	1	—	—	6	—
	06/24*	5	2	0	1	—	3	—
移除	07/04	—	2	2	3	4	11	11
	08/01	—	1	1	0	0	2	2
	08/26	—	1	0	0	0	1	1
	09/23	—	0	1	0	0	1	1
	10/28	—	0	0	0	0	0	0
	11/25	—	0	0	0	0	0	0
	12/23	—	0	0	0	0	0	0
小計		53	22	5	4	4	35 (23*)	15

註 1：共標記 53 隻雄蛙，其中 23 隻被觀察過兩次以上，累計為 35 隻次；

註 2：碧龍宮 6/24 調查因大雨暫停，於 7/4 補調查並開始移除。

表十、挖子尾地區標記與再捕獲記錄

調查	日期	標記	再捕獲各日期標記的數量			移除 標記
			05/06	06/10	小計	
標記	05/06	26	—	—	—	—
	06/10*	33	1	—	1	—
移除	07/01	—	2	5	7	7
	08/05	—	3	2	5	5
	09/02*	—	4	4	8	8
	10/01*	—	0	0	0	0
	11/12	—	0	0	0	0
	12/10	—	0	0	0	0
小計		59	10	11	21 (20*)	20

註 1：共標記 59 隻雄蛙，其中 20 隻被觀察過兩次以上，累計為 21 隻次；

表十一、田尾地區（鴻霖/蕙洋園）標記與再捕獲記錄

調查	日期	標記 新標記	再捕獲各日期標記的數量		移除 標記
			04/29	標記	
標記	04/29	20/17	—	—	—
	05/21	20/15	7/4	—	—
移除	06/25	—	0/0	4/2	4/2
	07/30	—	3/0	4/0	7/0
	08/28	—	0/1	0/0	0/1
	09/24	—	0/0	0/0	0/0
	10/29	—	0/0	0/0	0/0
	11/26	—	2/0	0/0	2/0
	12/24	—	0/0	0/0	0/0
小計		40/32	12/5	8/2	20/7 (16/3*)

註 1：共標記 72 隻雄蛙，其中 19 隻被觀察過兩次以上，累計為 27 隻次；

(五) 族群估算

根據今年度於三個樣區標記在捕捉的方式，對族群進行估算（表十二）。以 Triple Catch Method 估算第二次調查的族群量與標準差，用以反應初期的族群數量，可得知碧龍宮為 43.3 ± 11.3 （95%信賴範圍為 21.2-65.4）、挖子尾 232.8 ± 211.1 （95%信賴範圍為 0-737.6）、鴻霖 53.6 ± 24.6 （95%信賴範圍為 5.4-102.0）及蕙洋園 59.7 ± 45.9 （95%信賴範圍為 0-150）。若以此為基準，比較全年累積移除雄蛙數量，將雄蛙移除總數除以信賴範圍的上界，保守估計各樣區的移除比率，得知碧龍宮達 47.7% 以上、挖子尾達 28.9% 以上、田尾鴻霖達 75.6% 以上、田尾蕙洋園達 35.4% 以上。由全年累計的標記數量（M）、移除有標記的數量（m）、移除的總數量（n）三者來估算族群量（ $N = M \times n / m$ ），可用來當作全年族群量的參考，分別為碧龍宮 109.5、挖子尾 628.4、田尾鴻霖 236.9 及蕙洋園 547.7。但此算法僅適用於封閉族群，對本年度選用的樣區，並不算適用，數據僅供參考。

而 Triple Catch Method 的估算，雖然能在短期內較精準估算族群量，但在全年調查時，前三次的調查間隔將近兩個月，也會受到斑腿樹蛙出入繁殖場所的影響，以及調查當日氣候的差異，導致新增率 g 的估算差異甚大，甚至會有錯估的情況發生。

表十二、各樣區族群估算結果

		鶯歌 碧龍宮	八里 挖子尾	田尾 鴻霖/蕙洋園	田尾 蕙洋園
雌蛙	移除總量	25	59	5/15	15
雄蛙	觀察累計	126	192	83	118
	單次觀察最多	33	76	33	37
標記	累計標記 M	53	59	40	32
移除	移除標記 m	15	20	13	3
	移除總量 n	31	213	77	53
以移除標記比率估算 N		109.5	628.4	236.9	547.7
Triple catch	N_2	43.3	323.8	53.6	59.7
	SE(N_2)	11.3	211.1	24.6	45.9
	95%上界 (N_2)	65.4	737.6	102	150
	95%下界 (N_2)	21.2	0	5.4	0
	存活率 ϕ	0.73	0.71	0.63	0.63
	SE(ϕ)	0.17	0.17	0.22	0.27
	新增率 g	0.90	-0.82*	0.87	0.33
	N_1	6.2	828.8*	10.8	64.3
	N_3	304.7	126.5*	264.7	55.2
	N_1, N_2, N_3 平均	118	426*	110	59.7

註：挖子尾的新增 g 值估算為負值，因此 N_1 、 N_2 等數值不與參考

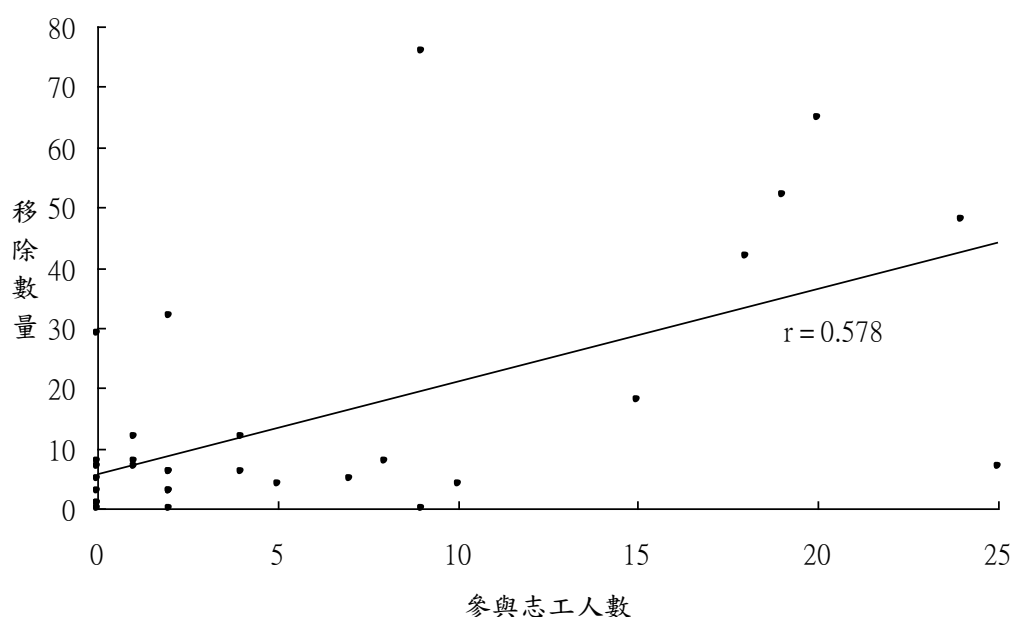
(六) 陷阱移除測試

經過一年的測試，在巡邏過程中，並沒有觀察到斑腿樹蛙被限制在陷阱內的紀錄。推測是由於陷阱大小不足，導致成蛙可以輕易出入該水桶，而達不到陷阱的效用。但於例行調查中，有觀察到兩個水桶內具有卵泡與蝌蚪的紀錄。雖然水桶陷阱對成蛙的捕獲效果不佳，但對於卵泡及蝌蚪的移除仍有部分功效，仍可用再大型一點的水桶，吸引斑腿樹蛙前往生殖，再將卵泡及蝌蚪移除。為持續移除當地斑腿樹蛙，已於七月開始，改成陷阱移除與至工移除的方式並行，移除所有觀察到的成幼蛙、蝌蚪、卵泡。

(七) 志工移除

原先針對田尾地區「鴻霖園藝」及「蕙洋園」兩家業者的園區進行移除試驗，先於四月進行調查與標記，分別標記有 20 與 17 隻雄蛙；五月個標記 20 與 15 隻；初步估算族群量為 77.1 與 80.8 隻。於六月 25 日志工增能工作坊，透過 22 位志工協助進行移除工作，分別移除 36 隻(4 隻標記)與 9 隻雄蛙(2 隻標記)。鴻霖部分移除 46.7% 的雄蛙，而蕙洋園僅 11.1% 的雄蛙。爾後於三個固定樣區，均持續進日志工調查及移除的工作。

志工參與部分，三個樣區共 29 次的調查工作中，行政團對共派遣 95 人次參與，而志工參與人數達 192 人次，其中 8 次沒有志工參與，單次最多人數達 25 人。進一步比較移除數量與參與志工人數，兩者間具有顯著的正相關($r=0.578$ 、 $p=0.00067$ 、 $n=31$ ，圖三)，而此相關最主要的原因還是氣候的因素，氣候溫暖斑腿樹蛙的活動也比較頻繁，志工參與意願也比較高，當然，讓志工協助參與的價值並非捉的人力，而在於活動背後，給予志工的環境教育訓練。



圖三、參與志工人數與移除數量關係圖。

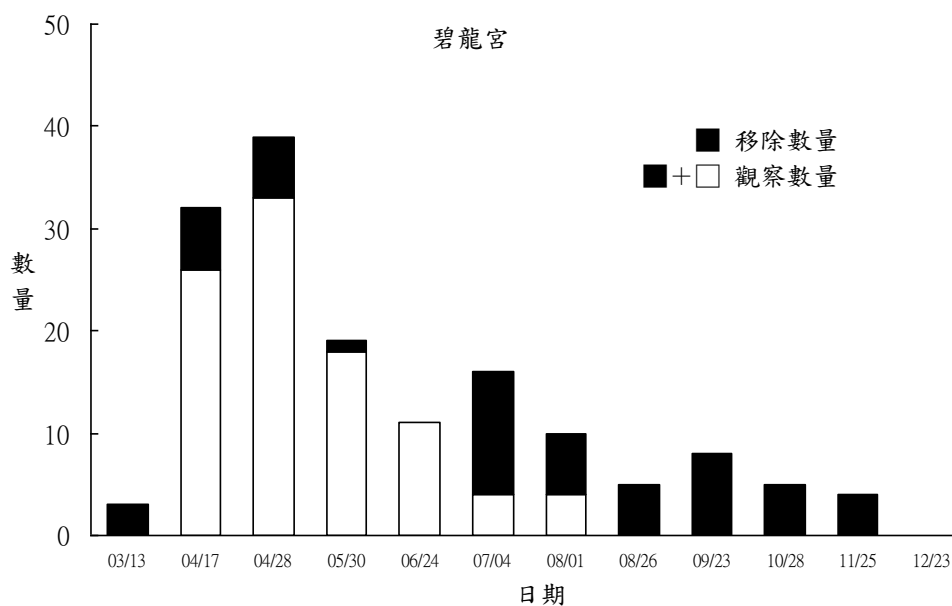
碧龍宮部分，共觀察到斑腿樹蛙 152 隻次的斑腿樹蛙（內含 3 隻次為 3/26 日間觀察所捕獲），其中雄蛙 126 隻次、雌蛙 26 隻次；實際移除 56 隻（雄蛙 31 隻次、雌蛙 25 隻次）。依照前述族群估算，初期約 43.3 ± 11.3 ，全期則達 109.5 隻，今年約已移除半數（表十三）。季節變化部分，碧龍宮樣區於四月為最高峰，五月及六月有些許下降，待七月開始移除後，則一直穩定至冬季，待十二月已無觀察記錄（圖四）。

表十三、碧龍宮地區各次調查斑腿樹蛙成蛙觀察、標記與移除數量

調查 日期	觀察數量			標記		移除數量			移除 總計
	雄蛙		雌蛙	雄蛙		雄蛙		雌蛙	
	目視	鳴叫	目視	新標記	再捕獲	已標記	未標記	未標記	
勘查 03/26	0	0	3	—	—	—	—	3	3
標記	21	5	6	21	—	—	—	6	6
	29	4	6	18	11	—	—	6	6
	15	3	1	9	6	—	—	1	1
	10	1	0	5	3	—	—	0	0
移除	13	2	1	—	11	11	1	0	12
	3	4	3	—	2	2	1	3	6
	2	0	3	—	1	1	1	3	5
	8	0	0	—	1	1	7	0	8
	4	0	1	—	0	0	4	1	5
	2	0	2	—	0	0	2	2	4
	0	0	0	—	0	0	0	0	0
	0	0	0	—	0	0	0	0	0
小計	107	19	26	53	23*	15	16	25	56

註 1：共標記 53 隻雄蛙，其中 23 隻被觀察過兩次以上，累計為 35 隻次；

註 2：碧龍宮 6/24 調查因大雨暫停，於 7/4 補調查並開始移除。



圖四、碧龍宮斑腿樹蛙觀察與移除頻度圖。

挖子尾地區實際移除 272 隻（雄蛙 213 隻次、雌蛙 59 隻次）。依照前述族群估算，初期約 323.8 ± 211.1 ，全期則達 628.4 隻，今年約已移除四成（表十四）。季節變化部分，挖子尾樣區於八月為最高峰，族群數量似乎不隨七月開始的移除活動影響，直至十一月與十二月才逐漸減少（圖五）。也由於挖子尾地區範圍甚大，眾多竹林都有蓄水池，蝌蚪數量甚多，未來幾年仍須持續維持移除的工作，才能穩定控制此族群。

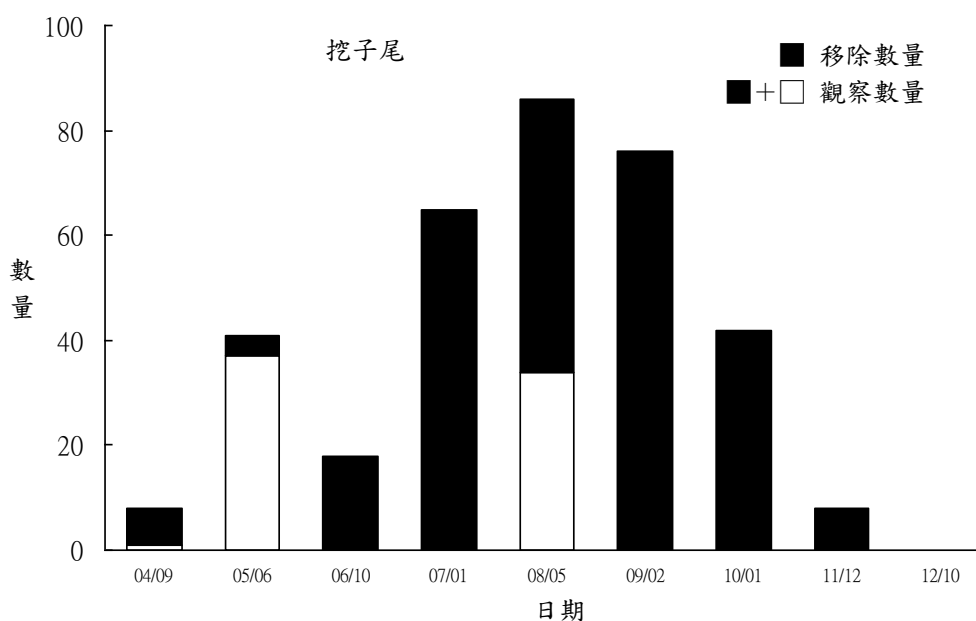
表十四、挖子尾地區各次調查斑腿樹蛙成蛙觀察、標記與移除數量

調查 日期	觀察數量			標記		移除數量			移除 總計
	雄蛙 目視	雌蛙 鳴叫	雌蛙 目視	雄蛙 新標記	雌蛙 再捕獲	雄蛙 已標記	雌蛙 未標記	雌蛙 未標記	
勘查 03/13	0	0	0	—	—	—	—	—	—
移除 04/09	6	0	2	—	—	—	6	1	7
標記 05/06	32	5	4	26	—	—	0	4	4
06/10*	8	0	3	33	1	—	1	17	18
移除 07/01	—	—	—	—	7	7	48	10	65
08/05	54	22	10	—	5	5	38	9	52
09/02*	45	0	6	—	8	8	60	8	76
10/01*	12	0	4	—	0	0	32	10	42
11/12	8	0	0	—	0	0	8	0	8
12/10	0	0	0	—	0	0	0	0	0
小計	165	27	29	59	20*	20	193	59	272

註 1：共標記 59 隻雄蛙，其中 20 隻被觀察過兩次以上，累計為 21 隻次；

註 2：06/10、09/02、10/01 僅新竹林樣區的斑腿樹蛙觀察記錄；

註 3：07/01 未記錄斑腿樹蛙觀察記錄。



圖五、挖子尾斑腿樹蛙觀察與移除頻度圖。

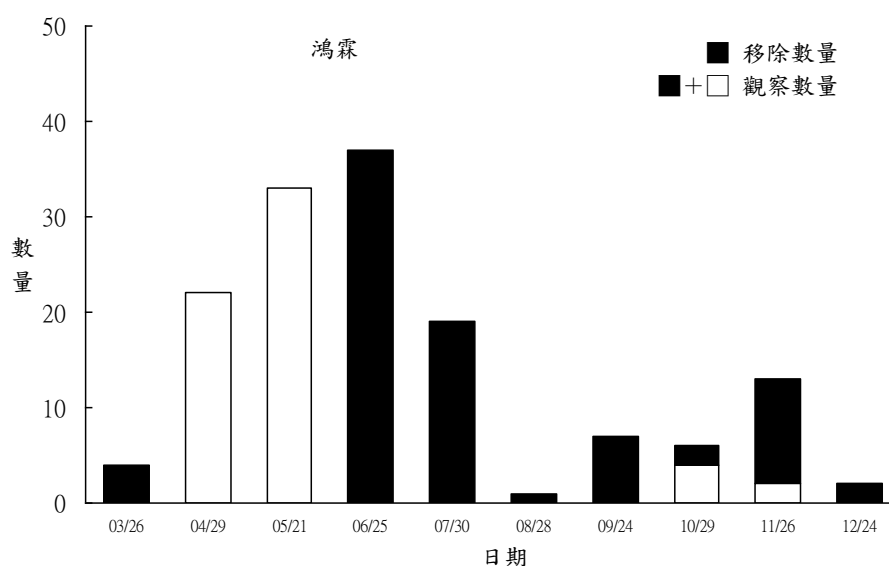
田尾地區鴻霖園藝實際移除 82 隻（雄蛙 77 隻次、雌蛙 5 隻次）。依照前述族群估算，初期約 53.6 ± 24.6 全期則達 236.9 隻；而蕙洋園則實際移除 68 隻次（雄蛙 53 隻、雌蛙 15 隻），初期約 59.7 ± 45.9 ，全期則達 6547.7 隻，估計出來的數量相差甚多，難以妥善評估其成效（表十五）。季節變化部分，田尾樣區於四月至六月為高峰期，族群數量有受到開始移除活動的影響，但至十一月調查當日較為溫暖，觀察數量突然上升，至十二月後又下降。（圖六、圖七）。由於兩個樣區都算半封閉的環境，持續一兩年便可以穩動控制族群；但其他地方，相較此樣區則較為開放，可隨水溝流水而擴散出去，值得未來幾年加強注意。

表十五、田尾地區（鴻霖/蕙洋園）各次調查斑腿樹蛙成蛙觀察、標記與移除數量

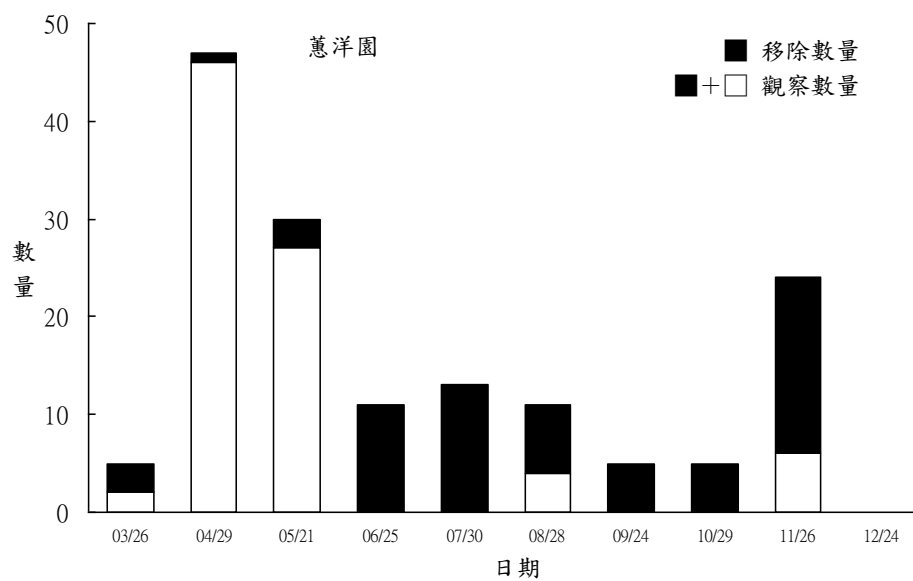
調查日期	觀察數量			標記		移除數量			移除總計	
	雄蛙		雌蛙	雄蛙		雄蛙		雌蛙		
	目視	鳴叫	目視	新標記	再捕獲	已標記	未標記	未標記		
勘查	03/26	3/5	0/0	1/0	—	—	—	3/3	1/0	7
標記	04/29	21/19	0/28	1/0	20/17	—	—	—	0/1	1
	05/21	30/16	3/11	0/3	20/15	7/4	—	—	0/3	3
移除	06/25	—	—	—	—	4/2	4/2	32/7	1/2	48
	07/30	—	—	—	—	7/0	7/0	10/12	2/1	32
	08/28	1/7	0/4	0/0	—	0/1	0/1	1/6	0/0	8
	09/24	7/2	0/0	0/3	—	0/0	0/0	7/2	0/3	12
	10/29	6/3	0/0	0/2	—	0/0	0/0	2/3	0/2	7
	11/26	12/21	0/0	1/3	—	2/0	2/0	9/15	0/3	29
	12/24	0/2	0/0	1/0	—	0/0	0/0	0/2	1/0	3
	小計	80/75	3/43	4/11	40/32	16/3*	13/3	64/50	5/15	150

註 1：共標記 72 隻雄蛙，其中 19 隻被觀察過兩次以上，累計為 27 隻次；

註 2：06/25、07/30 未記錄斑腿樹蛙觀察記錄。



圖六、田尾鴻霖斑腿樹蛙觀察與移除頻度圖。

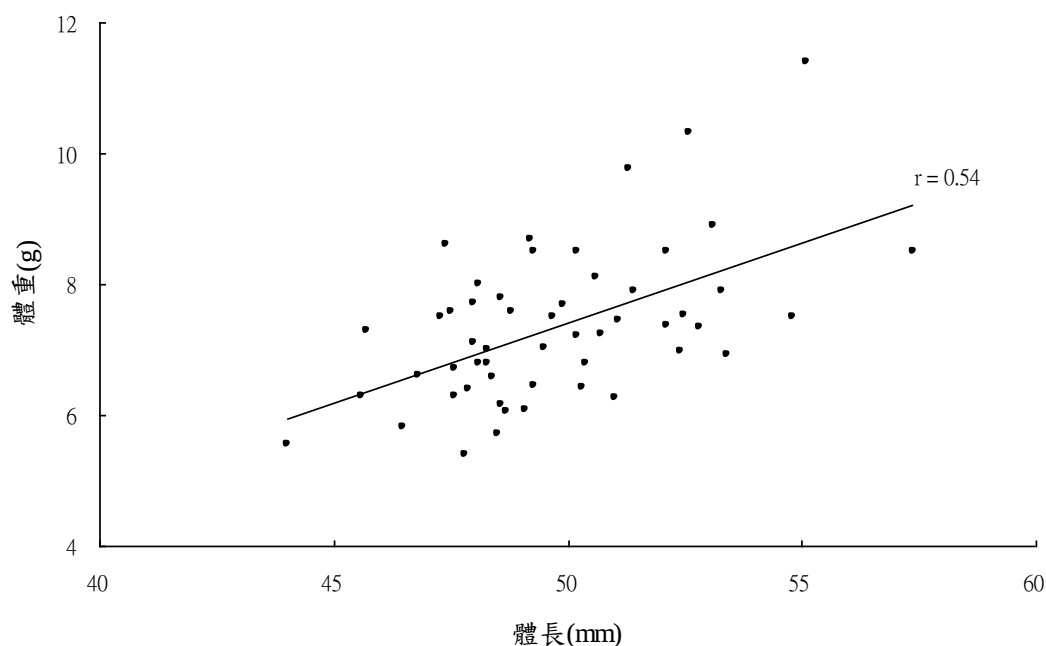


圖七、田尾蕙洋園斑腿樹蛙觀察與移除頻度圖。

(八) 基礎生物學資料

1. 成蛙體型分析

於斑腿樹蛙個體標放時，同時測量雄蛙的體長與體重，在碧龍宮測量 53 隻樣本，平均體長為 49.75 ± 2.59 mm (44.0-57.4 mm)，平均體重 7.36 ± 1.16 g (5.4-11.4g)，體重與體長間具有顯著的正相關 ($r=0.54$ 、 $p=0.000027$ 、 $n=53$) (圖八)。和過去文獻測量結果相似 (表十六)。



圖八、斑腿樹蛙體長與體重相關圖。

表十六、斑腿樹蛙與白領樹蛙雄蛙體長與體重比較

	地區	體長(mm)	體重(g)	樣本數	來源
斑腿樹蛙	碧龍宮	49.75 ± 2.59 (44.0-57.4)	7.36 ± 1.16 (5.4-11.4)	53	本次調查
	田尾、馬祖	47.34 ± 2.02	—	28	張天祐 2009
白領樹蛙	台灣各地	43.02 ± 2.98	—	137	張天祐 2009
	陽明山	55.76 ± 2.42 (46.8-67.1)	10.12 ± 1.51 (5.5-19.2)	162	張淑美 1989

註：資料內容為：均值±標準差(最小值-最大值)

2. 產卵數與孵化率

飼養期間自三月 26 日至八月 1 日，共計 13 顆卵泡。除了編號 D、F 的卵泡未受精外，其餘卵泡皆能孵化出蝌蚪。剛孵化的蝌蚪體色為淡白至淡黃，體長約 7mm-8mm。蝌蚪孵化初期通常靜止不動，貼於盆底或盆邊，約第 4-5 天後開始游泳，並等卵黃囊完全吸收後，於第 7-8 天後開始攝食。

在卵泡的窩卵數方面，扣除未計數及未受精的卵泡，卵泡最多有 623 顆卵、最少有 360 顆卵，平均每個卵泡有 458.6 ± 88.1 顆卵 (表十七)。在孵化率方面，卵

泡孵化率最高為 87.5%、最低為 67.5%，平均孵化率為 $78.5 \pm 9.8\%$ 。在蝌蚪孵化至 37 期與幼蛙的所需日數方面，除了 K 卵泡不明原因蝌蚪全數死亡外，平均各卵泡需 51.3 ± 1.4 天達第 37 發育期、需 62.3 ± 1.6 天變態為幼蛙。在變態率部份，平均各卵泡的蝌蚪變態率 $0.67 \pm 0.7\%$ ，幼蛙平均體長為 $1.6 \pm 0.2\text{cm}$ 。

表十七、本研究各卵泡相關資訊(A-K 採集自彰化田尾，L、M 採集自桃園鶯歌)

卵塊編號	窩卵數(顆)	孵化率(%)	蝌蚪至 37 期所需日	蝌蚪變態所需日	變態率(%)
A	360	77.8	51	60	1.4
B	*	*	51	60	*
C	385	68.8	52	63	0.75
D	-	-	-	-	-
E	*	*	52	63	*
F	-	-	-	-	-
G	417	87.5	52	63	0.54
H	569	67.5	52	63	0.52
I	458	82.9	52	63	0.78
J	623	89.9	53	65	0.17
K	399	62.7	-	-	-
L	422	83.4	50	61	0.57
M	494	86	48	62	0.7
平均	458.6 ± 88.1	78.5 ± 9.8	51.3 ± 1.4	62.3 ± 1.6	0.67 ± 0.7

'*'未計數窩卵數，"- "卵泡未受精

比較吳和瑾等人(2010)馬祖產斑腿樹蛙圈養結果(表十八)，本研究窩卵數較少、孵化率較低，推測原因為本研究的卵泡皆自野外採集而得，自然與人為干擾皆大於室內圈養，造成窩卵數與孵化率較低。

斑腿樹蛙蝌蚪對環境容忍力高，且偏好低溶氧環境；本研究觀察初步發現，給予打氣幫浦的斑腿樹蛙蝌蚪死亡率反而較高。未來可持續自野外採集斑腿樹蛙卵泡進行飼養，並設計溫度、酸鹼度、溶氧等耐受性相關實驗，以了解台灣地區斑腿樹蛙的生理適應情況，有助設計控制的方法。

表十八、本研究與吳和瑾等(2010)結果比較

	窩卵數(顆)	孵化率(%)	蝌蚪至 37 期所需日	蝌蚪變態所需日	變態率(%)
本研究	458.6 ± 88.1	78.5 ± 9.8	51.3 ± 1.4	62.3 ± 1.6	0.67 ± 0.7
吳等(2010)	639 ± 291	92.3 ± 3.6	36.1 ± 3.5	46.6 ± 3.2	3.3 ± 4.0

五、建議

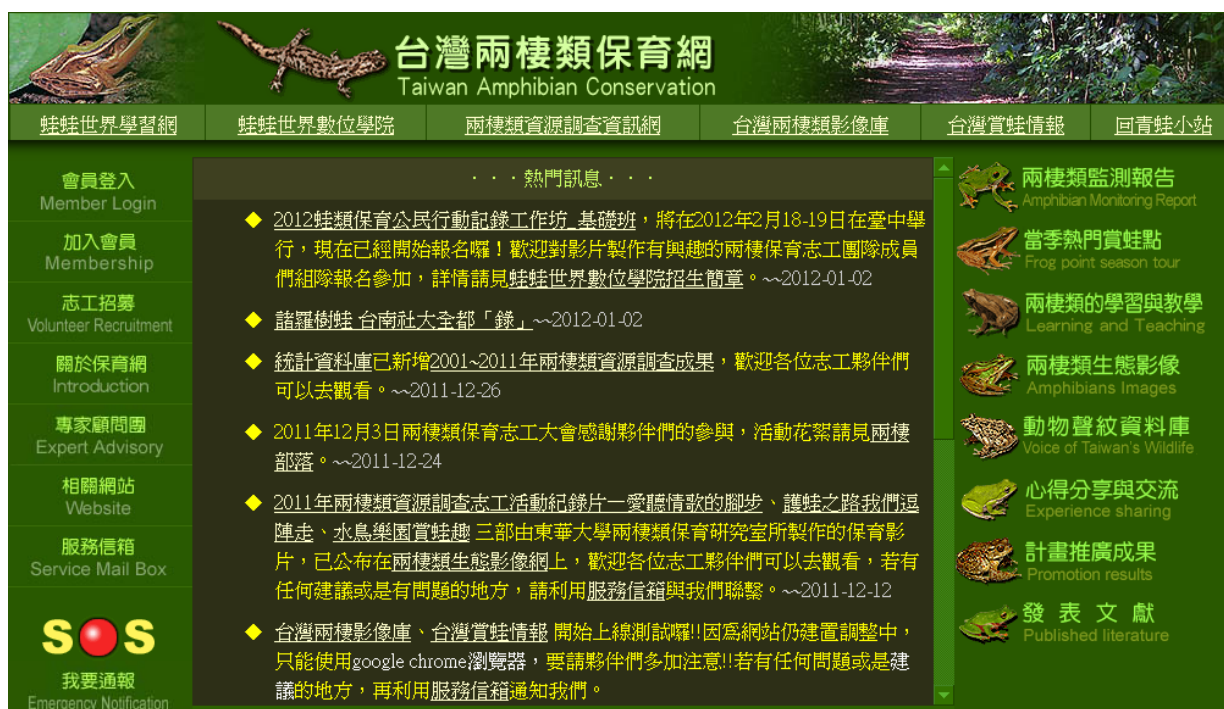
(一) 斑腿樹蛙清查與回報系統

根據目前調查結果，斑腿樹蛙分佈的棲地類型與水生植物池及菜園竹林相當有關聯，且許多樣區的斑腿樹蛙族群已經存在兩三年以上，可見斑腿樹蛙在台灣地區的擴散，並非這一兩年才開始，且應仍有許多地區的斑腿樹蛙尚未被清查出來，仍需要更多元的清查管道，才能有效瞭解斑腿樹蛙的實際分佈。

過去一年已針對兩棲類保育志工團隊及一般民眾加強宣導。兩棲類保育志工方面，要求各團隊確認各自調查區域內，是否已遭斑腿樹蛙入侵，且提供潛在可能的區域，請各團隊協助清查。一般民眾方面，加強外來入侵生物的宣導，透過環境教育活動、電視節目、平面媒體報導、社群網站連結，讓民眾了解斑腿樹蛙在台灣的狀況，進而主動回報。由這兩部分獲得許多重要的資訊，未來仍會持續進行。

回報系統的部分，目前已於台灣兩棲類保育網<http://www.froghome.org>建置通報系統(圖九)，主要提供兩棲類保育志工在進行兩棲類資源調查時如遇外來種、畸形蛙、病蛙、棲地變遷等狀況，透過此通報系統在最短時間內先將訊息提供給東華大學兩棲保育研究室團隊，團隊輔導員隨即與通報者聯繫確認，在通報時能夠提供影像、聲音等資料，將能更有效的協助行政團隊確認通報訊息，進而實地勘察並將訊息提報至林務局保育組進行後續追蹤事項。

近年來生物多樣性保育意識抬頭，許多公共工程會納入生態公法的思維，生態水池也受到廣大的喜愛，除了生態保育、環境美觀外，更兼具水質淨化的功用。而調查發現，許多具有斑腿樹蛙分佈的水生植物池，都是近年新設立的生態水池，或是近年更新過水生植物，這極有可能是種植大量水生植物時，一同被引入進來，原先保育生物多樣性的美意，卻變成外來種入侵的一大漏洞。建議透過由上而下的管道，讓相關部會與營造單位瞭解斑腿樹蛙的現況，主動回報近年興建的水生植物池，並清查是否已有斑腿樹蛙的分佈；並於未來興建生態水池時，加強水生植物的清理與檢疫，減少引入斑腿樹蛙的機會，才可以達到杜絕外來生物，保護生物多樣性的雙贏局面。



圖九、兩棲類保育網通報系統網頁。

(二) 斑腿樹蛙移除

由於斑腿樹蛙具有良好的適應力，且存在棲地的類型多樣，族群量也相當龐大，若要有效控制並移除斑腿樹蛙的族群，必須多管齊下。而根據本年度移除測試、文獻回顧、實地訪談的結果，整理出下列幾項移除方式及該法適用的環境與優缺點。

1. 成幼蛙徒手捕捉

方法：針對成蛙、幼蛙最直接的移除方式，於三月至九月的夜間（日間下過小雨

尤佳)，每月一至兩次，使用手電筒進行觀察並直接徒手捕捉。可搭配環境教育、志工假期等活動，提高捕捉的效率。

環境：適用於小區域農耕地、竹林、果園、苗圃、水生植物池沿岸，但不適用於大型深水水池、溼地、高草叢，及停棲高度較高的個體。

優劣：免費、參與人數彈性、可行性高；容易有漏捕個體，需持續多年進行。

2. 卵泡蝌蚪移除

方法：針對卵泡及蝌蚪直接進行移除，日夜間均可執行，卵泡直接徒手摘除，蝌蚪則利用手撈網協助捕撈，撈取到的卵泡及蝌蚪，可隨同成幼蛙一併處理，或就近放置在無積水了土壤或落葉堆中或掩埋。卵泡移除仍以繁殖季節為主，直至冬季繁殖活動停止為止；而由於部分蝌蚪族群會遲緩發育時程，渡過冬天，至翌年春天再變態為幼蛙，因此蝌蚪的移除全年皆可進行。

環境：適用於小區域農耕地、竹林、果園、苗圃、水生植物池沿岸，但不適用於大型深水水池、溼地、高草叢。

優劣：費用低、參與人數彈性、可行性高；大型水池甚難將蝌蚪捕撈完畢。

3. 水桶陷阱法

方法：放置中大型水桶，吸引成蛙利用入內產卵，再每月巡視一至兩次，將桶內卵跑及蝌蚪移除。亦可於桶子內部或上方設置遮陰的裝置，讓成蛙可於日間躲藏，在巡視時一併捕捉，日夜間均可巡視，全年皆可執行。

環境：適用於農耕地、竹林、果園、樹林、高草叢；不適用於大型深水水池、溼地。。

優劣：費用低，長時間進行；設置初期需要一段時間適應。

4. 水管陷阱法

方法：使用內徑 2-5 cm 的 PVC 水管，豎立在地上、水池邊、水桶旁或綑綁在樹叢上，讓成幼蛙可於日間躲在裡面，日夜間巡視均可，全年皆可執行。

環境：適用於農耕地、竹林、果園、樹林、高草叢、水池溼地沿岸；不適用於大型深水水池及溼地內部。

優劣：費用低；單獨使用效率低，需配合他法併用，設置初期需要一段時間適應。

5. 苦茶粕

方法：苦茶粕為茶樹種子提煉出茶油後，所剩餘的殘渣，常被用於農用肥料以及家用環保清潔劑，近年來常被用來作為清除福壽螺用。經初步測試後，0.5%以上濃度，蝌蚪於一小時死亡；0.1%濃度下，蝌蚪於兩小時內死亡；0.05%濃度時，蝌蚪於隔日死亡。適用於無其他水生生物共存的高水桶，若為其他生物共存的水池，則建議於冬季再做使用，減少誤殺其他生物的機會。對水生植物業者而言，除了在出貨時必須將水倒掉以外，亦可噴灑

高濃度的苦茶粕，將殘留在盆栽內部的蝌蚪與卵粒殺死。

環境：適用於農用蓄水池、苗圃、水生植物檢疫隔離池；不適用於大型水生植物池。

優劣：費用低，清除蝌蚪效果佳；容易誤殺其他水生生物，長時間高濃度狀態下，對水生植物的生存尚待詳細評估。

6. 溫水噴灑法

方法：夏威夷廣泛使用此法移除波多黎各樹蛙，針對購出入植栽，以輸送帶的方式通過溫水處理，先以 45℃ 溫水噴灑 3 分鐘，再以冷水噴灑 1 分鐘降溫，此法對波多黎各樹蛙的卵及蝌蚪效果良好。波多黎各樹蛙的卵是以卵膠膜直接黏附在葉子上，但斑腿樹蛙是採取卵泡的方式，若要採取溫水噴灑法，勢必要更久的時間，或更高的溫度才能夠將卵粒燙死；而溫水噴灑的方式，亦可將躲藏在土壤及細縫中的成蛙驚擾出來，減少成蛙向外輸出的機會。另外，噴灑設備的經費昂貴，且各廠商出貨時間緊湊，除非有相關法令配合，否則難以要求業者配合；多數園藝業者在出貨時，會先出貨到集貨運輸站，統一由運輸公司配送，若由公部門出資在集貨運輸站設置溫水噴灑設施，亦可達到部分移除卵泡及蝌蚪，減少成蛙向外輸出的成效。

環境：適用於水生植物業者，與集貨運運輸站。

優劣：對躲藏在細縫中的蝌蚪及成蛙有成效；但設備價格昂貴、增加作業時間。

7. 生物防治

方法：在部分封閉式的水池，可以施放原生肉食性的魚類（如：鱧或鯰），或者靜水域的水螅，用來捕食水中的蝌蚪。

環境：適用於大型深水水池，不適用於對外開放的水域。

優劣：長時間移除蝌蚪；但會有誤食其他水生生物的風險。

8. 棲地改變

方法：斑腿樹蛙除了會利用靜水域外，也需要充足的遮陰環境，觀察發現在相同農墾地中，周圍具有樹木或灌叢遮陰的水池，會有較多的斑腿樹蛙。可以減少環境的遮陰，加強排水，避免將水池、水桶放置在遮陰處，亦可營造出不利斑腿樹蛙繁殖的棲地；但這樣的環境相對上也不利於其他原生蛙類的生存。帶斑腿樹蛙移除後，再逐步回復棲地品質。

環境：適用於農墾地、水生植物苗圃、大型景觀池沿岸；。

優劣：降低適合斑腿樹蛙的棲息環境；但改變的棲地可能不適於原本的用途。

（三）現有族群的移除

本年度清查三十餘個地區，大致可以分為三種類型：農墾地與竹林、水

生植物池、水生植物業者。針對此三類型的環境提出不同移除的建議。

1.農墾地與竹林

主要區域包括：八里、五股、蘆洲、鶯歌、梧棲、石岡等，採用志工隊的方式進行成幼蛙徒手捕捉、卵泡與蝌蚪移除為主，再配合各棲地的特性，搭配部分水桶陷阱、水管陷阱及棲地改變的方式進行。

以挖子尾為例，將由新北市永續環境教育中心志工團隊及小雨蛙志工團隊配合，並透過社區保育的參與，於三月至九月之間辦理兩次培訓課程與七次夜間移除活動，增加當地居民參與程度；並放置中型水桶於蘆葦叢中，在每月例行移除活動時，同時移除水桶中子的卵泡及蝌蚪。其他區域則由鄰近團隊協助移除工作，並由資深志工團隊帶領當地居民，進而成立的調查團隊。

2.水生植物池

主要區域包括：台中都會公園、浮洲溼地、城林溼地、木柵動物園生態池、八德埤塘公園等。以該水域主管機關為主，配合當地保育志工進行移除，移除方式包括城幼蛙徒手捕捉、卵泡與蝌蚪移除、棲地改變、水管陷阱等方式。

以台中都會公園為例，將由台中都會公園管理處與台中荒野協會共同配合，於四月至十月進行兩次推廣教育課程，與八次夜間移除活動，屆時行政團隊與中部志工團隊亦會提供必要的支援。大漢溪沿岸溼地部分，則需要再與新北市政府協商，木柵動物園生態池部分，將會同園方管理人員與北部志工團隊，進行移除活動。

3.水生植物業者

主要針對田尾地區的水生植物及園藝植栽業者，將由彰化縣政府農業局與彰化縣野鳥學會合作，在田尾地區舉辦一場座談會、一場研習課程，並於三月至十月間，每月舉行一次夜間移除活動。座談會的內容主要先讓在地業者瞭解斑腿樹蛙的狀況，並討論如何協助斑腿樹蛙的移除，包括：卵泡及蝌蚪的移除，出貨時的將水倒乾，配合兩棲志工進行成幼蛙的移除。研習課程則針對業者與當地居民，鼓勵成立志工團隊，協助斑腿樹蛙的移除工作。移除的範圍以業者展場、苗圃、社區池塘及水溝。針對配合移除斑腿數蛙的業者，給予青蛙生態友善的認證，間接鼓勵業者參與。

（四）蛙類調查與移除後續處理

針對願意配合的保育單位，給予完整兩棲調查的課程，並邀請成立兩棲調查志工團隊。除了每次例行的移除活動之外，同時進行蛙類的普查，可將調查資料上傳至兩棲類資源調查資訊網，該網站可直接彙整調查資料，並系統性地呈現調查成果，並可參與每年兩棲志工大會的調查競賽。往後可藉由此資料，瞭解斑腿樹蛙的分佈、族群概況，以及共域蛙類的組成。

移除後續處理部分，請各志工團隊將捕獲的成幼蛙放置夾鍊袋中，迅速置入-20℃冰箱中冷凍，數日後直接取出掩埋即可，亦可以宅配方式寄到國立東華大學自然資源與環境學系兩棲類保育研究室，作為後續研究之用，但須註明採集時間、地點、採集者即可。

（五）外來蛙類的教育推廣

透過本年度的研究成果，以演講、研習課程、兩棲志工增能工作坊、兩棲數位課程為主，將介紹斑腿樹蛙在台灣概況，與各地志工參與移除的工作成果，讓參與民眾都注意到所居住區域的環境，即時通報所遇到的問題，以及該如何防範外來入侵蛙類，及後續處理方式。

將有關斑腿樹蛙的最新訊息，刊登在蛙蛙世界學習網、台灣兩棲類保育志工團隊社群網站，以及青蛙小站電子報，讓各學員、志工、訂閱者隨時可以掌握最新的發展，並即時配合參與各地的移除活動。

教育推廣文宣方面，初步規劃以摺頁為主，其內容包含斑腿樹蛙的簡介、現況、移除工作、該如何避免購買時夾帶斑腿樹蛙的卵泡、蝌蚪及成幼蛙，以及斑腿樹蛙的通報與處理方式。該摺頁除了在各類教育宣導活動發放外，更提供田尾地區水生植物與園藝植栽業者，發放給遊客與消費者參考。

六、參考文獻

- 李成、謝鋒。2004。牛蛙入侵新案例與管理對策分析。應用與環境生物學報 10 (1): 095-098。
- 林德恩。2010。綠島地區多線真稜蜥移除成果。2010 外來入侵種監控與管理國際研討會論文集。
- 吳和瑾、林春富、葉大詮、呂光洋。2010。圈養狀況下之斑腿樹蛙生活史。台灣生物多樣性研究。12(2): 177-186。
- 侯平君。2011。外來入侵種族群控制與監測計畫—亞洲錦蛙（三）。行政院農業委員會林務局補助計畫99-林管-02.1-保-29(2)號。
- 張天佑。2008。臺灣區內白領樹蛙複合種群(*Polypedates leucomystax* species complex)族群遺傳結構與分類地位之探討。國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文。
- 楊懿如。2012。臺灣新發現的外來種斑腿樹蛙 (*Polypedates megacephalus*) 紀錄。臺灣博物 30 (4): 76-79。
- 楊懿如、向高世、李鵬翔、李承恩。2005。台灣兩棲動物野外調查手冊。行政院農業委員會林務局。
- Baillie, J. E. , C. Hilton-Taylor and S. N. Stuart. 2004. IUCN Red List of Threatened Species TM .A Global Species Assessment.IUCN Gland.Switzerland and Cambridge, UK.
- Beamish, R. 2004. Sleepless in Hawaii—Insomniac islanders are hopping mad over a tiny frog that threatens their fragile ecosystem (Coqui frog). Smithsonian 34:21–22.
- Beard, K. H., R. Al-Chokhachy, N. C. Tuttle and E. M. O'Neill. 2008. Population density and growth rates of *Eleutherodactylus coqui* in Hawaii. Journal of Herpetology 42:626–636.
- Begon, M 1979, Investigating Animal Abundance: Capture-Recapture for Biologists. Edward Arnold, London, England.
- Brandt, L. A. and F. J. Mazzotti. 1990. Marine Toads (*Bufo marinus*). University of Florida - Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences.
- Beard, K. H. and W. C. Pitt. 2005. Potential consequences of the coqui frog invasion in Hawaii. Diversity and Distributions 11:427–433.
- Beard, K. H., E. A. Price and W. C. Pitt. 2009. Biology and impacts of Pacific Island Invasive Species. 5. *Eleutherodactylus coqui*, the Coqui Frog (Anura: *Leptodactylidae*). Pacific Science 63(3):297–316.
- Beard K. H. and C. P. William. 2005. Potential consequences of the coqui frog invasion in Hawaii. Diversity and Distributions 11:427–433.
- Charles J. Krebs, 1999. Ecological Methodology, 2nd ed., Addison-Welsey Educational Publishers, Inc., Menlo Park, CA. 620 pp.
- Davis, M. A. 2009. Invasive biology. pp. 132-146. Oxford University Press, Oxford, New York.

- D'Amore, A. , V. Hemingway and K. Wasson. 2010. Do a threatened native amphibian and its invasive congener differ in response to human alteration of the landscape?. *Biological Invasions* 12:145–154.
- Ernst, R., D. Massemin and I. Kowarik. 2011. Non-invasive invaders from the Caribbean: the status of Johnstone's Whistling frog (*Eleutherodactylus johnstonei*) ten years after its introduction to Western French Guiana. *Biological Invasions* 13:1767–1777.
- Ficetola, G. F., W. Thuiller and C. Miaud. 2007. Prediction and validation of the potential global distribution of a problematic alien invasive species — the American bullfrog. *Diversity and Distributions* 13: 476–485
- Geerat J. Vermeij. 1996. AN AGENDA FOR INVASION BIOLOGY. *Biological Conservation* 78:3-9.
- Gosner, K. L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 18: 183-190.
- Hurlbert, S. H.(1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monog.* 54: 187-211
- Kaiser, B. and K. Burnett. 2006. Economic impacts of *E. coqui* frogs in Hawaii. *Interdisciplinary Environment Review* 8:1–11.
- Kraus, F. and E. W. Campbell III. 2002. Human-mediated escalation of a formerly eradicable problem: the invasion of Caribbean frogs in the Hawaiian Islands. *Biological Invasions* 4:327-332.
- Lever, C. 2003. Naturalized Reptiles and Amphibians of the world. pp. 201-215. Oxford University press, New York.
- Levins, R.(1968). Evolution in changing environments: Some theoretical explorations. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- McNeely, J. 2001. Invasive species: a costly catastrophe for native biodiversity. *Land Use and Water Resources Research* 1:2, 1–10.
- Maynard, G. and D. Nowell. 2009. Biosecurity and quarantine for preventing invasive species. pp. 4-5. In: Clout, M. N. and P. A. Williams(eds.) *Invasive Species Management- a handbook of principles and techniques*. Oxford University press, New York.
- Pearl, C. A., Adams, M. J., Bury, R. B., and McCreary, B. 2004. Asymmetrical Effects of Introduced Bullfrogs (*Rana catesbeiana*) on Native Ranid Frogs in Oregon. *Copeia* 1:11-20.
- Pianka, E. R.(1973). The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4: 53-74.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R. and D. Morrison. 2000. Environmental and Economic Costs of Nonindigenous Species in the United States. *BioScience*, 50(1):53-65.

- Sin, H ., K. H. Beard and C. P. William. 2008. An invasive frog, *Eleutherodactylus coqui*, increases new leaf production and leaf litter decomposition rates through nutrient cycling in Hawaii. *Biological Invasions* 10:335–345
- Sin, H. and A. Radford. 2007. Coqui frog research and management efforts in Hawaii. *Managing Vertebrate Invasive Species: Proceedings of an International Symposium*. pp.157-167.

