

外來種斑腿樹蛙控制與監測計畫
Controlling and Monitoring the Alien Tree Frog –
Polypedates megacephalus

計畫編號：102 林發-07.1-保-17(2)

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：龔文斌、陳建志、陳立瑜、張哲毓

中華民國 103 年 1 月 21 日



中文摘要

為了解臺灣地區斑腿樹蛙分布現況與其基礎生物學，本研究於 2013 年運用兩棲類保育志工在全臺灣進行普查；選定平原環境的八里挖仔尾、臺中都會公園、以及森林環境的鶯歌碧龍宮為固定樣區進行調查，紀錄數量、利用棲地、共域蛙類等資料。2013 年普查結果顯示斑腿樹蛙分布於臺北市、新北市、桃園縣、苗栗縣、臺中市、彰化縣、雲林縣、屏東縣等地，與 2012 年分布相較新增苗栗縣。比較 2012 年及 2013 年方格系統的調查結果，也發現斑腿樹蛙持續擴散中。

生活史調查結果發現北部斑腿樹蛙族群繁殖期從 3 月開始可持續至 10 月，中部地區族群繁殖期則從 3 月至 9 月。比較 2012 年與 2013 年斑腿樹蛙佔所有蛙種總隻次比例，挖仔尾從 69%(785/1132)，下降至 29%(483/1665)；臺中都會公園則從 53.6%(303/565)下降至 40.6%(415/1021)；碧龍宮雖從 2012 年 14.9%(107/715)略增為 15.9% (123/775)，但仍低於 2011 年的 27.5%(149/541)。在八里挖仔尾、臺中都會公園及碧龍宮，斑腿樹蛙都主要利用樹木與靜止水域環境。斑腿樹蛙食物以蜚蠊目、鞘翅目與柄眼目等地棲物種為主，也記錄到捕食小雨蛙、斑腿樹蛙幼蛙、鉛山壁虎及斯文豪氏攀蜥，對入侵的生態系統可能造成影響。為控制斑腿樹蛙族群數量，2013 年持續培訓及運用志工在八里挖仔尾、鶯歌碧龍宮、臺中都會公園、彰化田尾等地進行斑腿樹蛙控制移除，參與人數超過 1100 人次，移除 1184 隻斑腿樹蛙，達到宣導教育的成效。建議持續運用志工進行移除及監測，降低斑腿樹蛙族群量及擴散風險，並持續研究斑腿樹蛙對臺灣原生蛙類及生態系統的影響，以利臺灣生物多樣性保育。

關鍵詞：斑腿樹蛙、分布、棲地利用、食性、控制、監測

Abstract

In order to find out the distributions and the basic biology of *Polypedates megacephalus*, this study used conservation volunteers to carry out nationwide surveys in 2013. We targeted at Waziwei of Bali and Taichung Metropolitan Park, which are both in the plain surroundings, as well as Bealong Temple of Yingge in forestry environment, to do surveys and document their numbers, habitat usage, and the other sympatric anuran species. The results of surveys show that *Polypedates megacephalus* has been distributed over Taipei City, New Taipei City, Taoyuan County, Miaoli County (which is added to the list in 2013), Taichung City, Zhanghua County, Yunlin County, and Pingtung County. Compare the grid systems of 2012 and 2013, we found that *Polypedates megacephalus* is still spreading.

The results of surveys showed that the breeding seasons of *Polypedates megacephalus* in the north start in March and continue till October, while the southern populations breed from March to September. Compare the percentage of *Polypedates megacephalus* and all the frogs species in 2012 and 2013, the alien species at Waziwei dropped from 69% (785/1132) to 29% (483/1665); at Taichung Metropolitan Park, it dropped from 53.6% (303/565) to 40.6% (415/1021); at Bealong Temple, it ascended from 14.9% (107/715) of 2012 to 15.9% (123/775) of 2013, but it's still lower than 27.5% (149/541) of 2011. In Bali, Taichung Metropolitan Park, and Bealong Temple, *Polypedates megacephalus* mainly inhabits in trees and still waters. *Polypedates megacephalus* fed mostly on Order Blattodea, Order Coleoptera, and Order Stylommatophora, and they were spotted preying on *Microhyla fissipes*, the baby frogs of its own kind, *Gekko hokouensis*, and *Japalura swinhonis*. We suggest the ecosystems they invade might be affected. In order to control the population of *Polypedates megacephalus*, we kept training volunteers in 2013 to remove

Polypedates megacephalus at Waziwei (Bali), Bealong Temple (Yingge), Taichung Metropolitan Park, and Tianwei (Zhanghua). The amount of participants was over 1100, who removed a total of 1184 *Polypedates megacephalus*. It means the effect of education was achieved. We suggest that we should keep using volunteers to do controlling and monitoring to reduce its population and avoid further spreading. And the study about the impact of *Polypedates megacephalus* on native ecosystem and other species should be continued to conserve the biodiversity of Taiwan.

Keywords: *Polypedates megacephalus*, distribution, habitat usage, diet, control, monitor

目錄

一、前言	1
二、研究目的	1
三、文獻回顧	2
四、研究材料與方法	11
五、結果與討論	24
六、結論與建議	67
七、參考文獻	68
附錄一、2012年8月-2013年7月 斑腿樹蛙腸胃含物名錄統計	74
附錄二、國際外來入侵種大會發表海報	78
附錄三、臺灣地區外來種斑腿樹蛙族群分布探討摘要	79
附錄四、移除活動與培訓研習照片	78

圖目錄

圖 1、棲地佔據模式的基本公式。.....	4
圖 2、2012 年新北市方格系統與 2013 年新增方格.....	144
圖 3、2012 年桃園縣方格系統與 2013 年新增方格.....	14
圖 4、2012 年臺中市方格系統與 2013 年新增方格.....	15
圖 5、2012 年彰化縣方格系統與 2013 年新增方格.....	15
圖 6、2012 年雲林縣方格系統與 2013 年新增方格.....	16
圖 7、2012 年屏東縣方格系統與 2013 年新增方格.....	16
圖 8、挖仔尾各樣區位置及採集穿越線。.....	20
圖 9、雄蛙貼附於腎臟的睪丸。.....	22
圖 10、雌蛙的卵巢及輸卵管。.....	22
圖 11、2013 年參與普查的志工團隊分布圖。.....	24
圖 12、斑腿樹蛙分布圖。.....	30
圖 13、斑腿樹蛙各月份族群波動與氣候因子關係圖。.... 錯誤! 尚未定義書籤。	
圖 14、挖仔尾地區斑腿樹蛙生活史與氣候因子關係圖。.....	39
圖 15、碧龍宮地區斑腿樹蛙生活史與氣候因子關係圖。.....	40
圖 16、臺中都會公園斑腿樹蛙生活史與氣候因子關係圖。.....	41
圖 17、挖仔尾各種蛙類棲地利用次數。.....	44
圖 18、臺中都會公園各種蛙類棲地利用次數。.....	48
圖 19、挖仔尾斑腿樹蛙 2014 年各月份棲地利用次數。.....	50
圖 20、臺中都會公園斑腿樹蛙 2014 年各月份棲地利用次數。.....	53
圖 21、2012 年 - 2013 年各月份斑腿樹蛙空胃率比較。.....	54
圖 22、斑腿樹蛙腸胃含物數量百分比。.....	56
圖 23、斑腿樹蛙各類別腸胃含物出現頻率。.....	56
圖 24、高 FO 值腸胃含物類別之月間比較。.....	57

表目錄

表 1、各分區 2012 年與 2013 年方格系統方格數。.....	13
表 2、負責方格系統調查團隊及調查方格數。.....	17
表 3、各類物體體積計算公式。.....	22
表 4、2013 年各移除地點負責團隊。.....	23
表 5、2013 年斑腿樹蛙通報記錄。.....	26
表 6、2013 年斑腿樹蛙於各個方格系統的分布比例。.....	28
表 7、2012 年與 2013 年方格系統斑腿樹蛙分布比率。.....	29
表 8、2012 年與 2013 年方格系統中各蛙種佔有率與偵測率。.....	31
表 9、挖仔尾 2013 年每月調查物種與數量表。.....	32
表 10、碧龍宮 2013 年每月調查物種與數量表。.....	33
表 11、臺中都會公園 2013 年每月調查物種與數量表。.....	34
表 12、八里挖子尾蛙類微棲地利用頻度表。.....	43
表 13、碧龍宮蛙類微棲地利用頻度表。.....	45
表 14、臺中都會公園蛙類微棲地利用頻度表。.....	47
表 15、八里挖子尾斑腿樹蛙各月份的微棲地利用頻度。.....	49
表 16、碧龍宮斑腿樹蛙各月份的微棲地利用頻度。.....	51
表 17、臺中都會公園斑腿樹蛙各月份的微棲地利用頻度。.....	52
表 18、斑腿樹蛙進食個體腸胃含物數量表。.....	54
表 19、挖子尾斑腿樹蛙移除數量與參與人數。.....	62
表 20、碧龍宮斑腿樹蛙移除數量與參與人數。.....	62
表 21、臺中都會公園斑腿樹蛙移除數量與參與人數。.....	63
表 22、鴻霖園藝與田尾國小斑腿樹蛙移除數量與參與人數。.....	63
表 23、2013 年斑腿樹蛙製成標本個體數。.....	64

表 24、2013 年培訓研習辦理日期與單位一覽表。.....	65
---------------------------------	----

一、前言

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。臺灣本島於2006年在彰化縣田尾鎮發現，可能跟隨水生植物等植栽引入臺灣，但來源不明。2011年在林務局的補助下，本計畫執行團隊與臺灣兩棲類保育志工團隊在全臺灣進行普查，選定斑腿樹蛙族群密度較高的八里區挖仔尾、鶯歌區碧龍宮、臺中都會公園、彰化縣田尾鎮為固定樣區，每月進行一次調查，記錄數量、利用棲地、共域蛙類等資料，並運用志工進行移除。2012年除了延續全島普查與固定樣區監測，也於2011年斑腿樹蛙分布點周圍劃設288個1km²的方格系統進行調查，估算斑腿樹蛙佔有率與偵測率。兩年的研究結果顯示斑腿樹蛙繁殖期長，約從2月至11月，並已於新北市八里、五股、蘆洲、新莊、鶯歌；桃園縣楊梅、龜山、蘆竹；臺中市梧棲、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，在多數地區皆為分布普遍與容易發現的優勢種。

斑腿樹蛙目前仍持續擴散中，應有許多地區的族群尚未被清查出來，因此2013年持續搭配志工，結合地方保育團體、政府機關，進行全島普查瞭解斑腿樹蛙的實際分布；監測固定樣區探討斑腿樹蛙棲地與氣候偏好，並進行控制以降低族群量及擴散風險，協助保育臺灣生物多樣性。

二、研究目的

- (一)持續進行臺灣本島斑腿樹蛙分佈現況調查。
- (二)探討斑腿樹蛙對臺灣原生蛙種造成的影響。
- (三)結合地方保育團體、政府機關及兩棲類保育志工，培訓志工移除斑腿樹蛙。
- (四)控制及監測斑腿樹蛙族群分佈。

三、文獻回顧

(一)外來種入侵成功因素

根據IUCN在2000年公布的外來種指導方針(IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species)，對於外來種的定義為一物種、亞種乃至於更低的分類群並包含該物種可能存活與繁殖的任何一部分，出現於其自然分布疆界及可擴散範圍之外。外來種若接下來於自然或半自然生態環境中建立一穩定族群並可能進而威脅原生生物多樣性者，則稱為入侵種(IUCN 2000)。並不是所有的外來種都會成為入侵種，Williamson (1996)提出1/10理論，認為在逃逸或刻意野放的外來種中，約有1%的種類會成為入侵種。Strayer(2005)歸納了歐洲與北美洲的外來脊椎動物特性，則發現有25%的種類成為入侵種。范孟雯等人(2007)統計1994-2007年，臺灣地區有93種外來鳥類逃逸至野外，其中有28種(30%)成功建立族群，並發現許多外來種即便在分類上屬於同一科，也有明顯不同的入侵能力。

為了解入侵成功的外來種，在分類、時間與空間分布上是否有共同的特性，Kolar and Lodge (2001)比較全球外來種鳥類入侵成功與失敗的案例，發現外來種在野外建立族群的機率與釋放的頻度、數量及引入的次數具正相關。Hayes and Barry (2008)進行了魚類、哺乳類、兩棲爬蟲類、鳥類與昆蟲類等6個動物類群中，24個成功建立族群的外來種之間的相關性研究，發現外來種能成功入侵有幾個關鍵因子：新地點與該外來種全球其他分布地氣候相似程度高、有成功入侵其他地區的紀錄、高繁殖力、新地點曾被多次入侵、單次入侵的個體數量多。Bomford(2003)比較了596種外來種兩棲爬蟲類在世界各地的1028筆成功和967筆失敗入侵紀錄，也發現能夠成功入侵的機率跟釋放的個體數與地點數、與其他分布點氣候吻合的程度有正相關。

臺灣地區的外來入侵種兩棲類有美洲牛蛙、亞洲錦蛙與斑腿樹蛙。其中除了

斑腿樹蛙為近期(2006)入侵的蛙種外，其餘兩種的入侵歷史已經超過 10 年。美洲牛蛙已知入侵歐洲及亞洲許多地區 (Lever 2003)，1951 年作為食用而自美洲引入臺灣，而後因管理不當逃逸及刻意放生於野外。雖然美洲牛蛙在臺灣已入侵多年，但可能因其原產於溫帶，氣候與臺灣相似程度低，並無在臺灣野外有明顯的擴散發生。而廣泛分布於中國南方、從緬甸至尼泊爾、印度南方、斯里蘭卡、馬來西亞的亞洲錦蛙，曾有入侵新加坡、婆羅洲和菲律賓等地紀錄(Lever 2003)，臺灣則為 1998 年於高雄市小港區鳳山水庫發現，可能隨著原木漂流或是寵物遭棄養而入侵臺灣(楊懿如等 2005)。亞洲錦蛙原產地與臺灣氣候相似，憑藉其高繁殖力(平均每次產卵 4785.1 ± 1644.75 顆)與高度適應人為開墾環境(侯平君等 2011)，不同族群在經歷不同的環境壓力，已產生溫度耐受差異(馮湘婷等 2012)，讓亞洲錦蛙能適應臺灣氣候環境，至今分布範圍已往南擴散到恆春半島，往北達雲林一帶。

(二)外來種擴散途徑與方式

人為破壞會改變原生棲地環境，產生新的生態區位(ecological niche)，這些區位成為外來種在野外建立族群的管道，適應並存活下來的外來種便可能藉由快速擴散與建立族群成為入侵種。Lodge(1993)及Rejmanek and Richardson(1996)指出即使外來種不太有競爭力，仍可能會藉由快速入侵有空缺的區位，對原生的群聚結構產生影響。侯平君等(2006)指出亞洲錦蛙的繁殖棲地多為人工靜水域，例如蓄水池或是積水不流動的水溝，且在大雨時蝌蚪可能透過排水系統擴散。水域環境的改變是增加外來種蛙類生存與擴散的原因，如外來種美國牛蛙是一種需要在永久性水域活動與繁殖的一種蛙類，因為農業灌溉的需要，以人工的永久性靜止水域(蓄水池)與流動水域(灌溉溝渠與水溝) 取代原本自然環境中每年季節性滿水的溼地(暫時性水域)，改變了原本自然環境的水週期，這些蓄水池增加了美國牛蛙生存與繁殖的機會(D'Amore *et al.* 2010)，也是美國牛蛙擴散新據點或者擴

散路徑上的休息站，而蓄水池的密度與之間距離是影響美國牛蛙擴散的重要因子，而連接的蓄水池與農地的灌溉溝渠和水溝也被懷疑是美國牛蛙進行擴散的途徑之一 (Peterson *et al.* 2013)

(三)棲地佔有率

研究物種的分布與豐度，是作為生態保育與野生動物經營管理首要且基本的參考依據，而物種的豐度可分為物種實際的數量與物種在設置單位(棲地類型、方格或樣點)中佔有的比例，不過研究物種在野外的實際數量，所耗費的人力與金錢通常相當高，也可能發生因為調查的次數不夠或物種特性造成調查資料不完全，使資料分析結果有所誤差，因此要推論與環境因子間的關係通常會很困難，也不易分析出重要的因子(Seddon *et al.* 2011；Gu and Swihart 2004)。透過 MacKenzie *et al.*(2002)發展的棲地佔據模式可以解決這些問題，棲地佔據模式可研究物種的分布與豐度，並改善調查資料不完全，分析與環境因子間關係的問題。透過對每個樣點的重複調查，並記錄目標物種在樣區出現與否 (presence (1)/absence (0)) 的調查資料，整理成一系列由 1 與 0 組合成的調查歷史資料(例如:1001)，透過公式(圖 1)來估計生物在樣區佔有率(ψ)與偵測率(p)，佔有率是樣區被目標物種佔據的機率，偵測率是目標物種在樣區調查中被偵測到的機率。

$$L(\psi, p | eh_1, eh_2, \dots, eh_s) = \prod_{i=1}^s \Pr(eh_i) = \left[\psi^{s_D} \prod_{j=1}^K p_j^{s_j} (1-p_j)^{s_D-s_j} \right] \left[\psi \prod_{j=1}^K (1-p_j) + (1-\psi) \right]^{s-s_D}$$

圖 1、棲地佔據模式的基本公式；s 代表樣點數量，k 代表調查次數，sD 代表最少調查到目標物種一次的樣點；sj 代表樣點在第 j 次調查目標物種被調查到。

棲地佔據模式中有四種模式可依照研究目的與調查情況來應用，分別是:(1)單一物種單季模式(2)單一物種多季模式(3)雙物種單季模式(4)雙物種多季模式，不同模式各有不同的前提假設。單物種單季模式使用的條件，相對其他模式較為

容易，可應用在短期的研究中，瞭解一個物種的分布與佔據的情況，共有五個前提假設：(1) 調查中物種佔據樣點的情況持續(2) 在所有樣點被物種佔據與被偵測的機率相等(3) 物種的偵測，在每一個樣點的調查都是獨立的(4) 在每個樣點的調查歷史都是獨立的。另外三個模式應用於長時間的研究，透過年間資料的分析，呈現出物種在樣區中分布、佔據的動態與物種間的影響。利用棲地佔據模式使得調查工作變得更簡便且有效率，對稀有或不易調查發現的物種族群更容易獲得資料(Seddon 2011)，透過軟體 PRESENCE (version 4.0)，估算出物種的棲地佔有率與偵測率，可加入棲地類型(例如：森林、草原、水域的型態)、其它生物和非生物的因子(例如：調查月份、干擾等)當作影響佔有率與偵測率的共變數，並以模式選擇的方式來挑選出最佳的估算模式，利用 AIC 值作為模式間比較的參考，擁有最小 AIC 值的模式為最佳的估算模式，而最佳模式若與其他模式之間的 AIC 差值(ΔAIC)小於 2，則表示模式間無顯著差異，同為適合的估算模式。這個方法不只是簡單地描述物種的分布，更重要的是能透過時間和空間，估計物種在所有樣點中佔據的情況與變化(MacKenzie *et al.* 2006；Bailey and Nichols 2010)。

棲地佔據模式可以同時了解物種族群在樣區中的分布以及佔據與其棲地環境因子的關聯性，廣泛利用於野生動物的大尺度監測、地理分布、族群動態、棲地與資源選擇、保育和管理等，例如鳥類 (Stauffer *et al.* 2004)、哺乳類 (Weller 2008)、爬行動物(Seddon 2011) 的族群監測與研究上，也常用在兩棲類的長期族群動態與分布之研究 (Bailey *et al.* 2004；Muths *et al.* 2006；Walls *et al.* 2011)，外來種兩棲類也以此模式進行監測和影響評估，例如 Adams(2011)利用陷阱法 (Pitfall traps)調查美國牛蛙和加州紅腿蛙，以此模式估算兩種蛙在所有樣區中的佔有率、偵測率，加上影響因子(人類干擾、水深、植被等)，估算出造成加州紅腿蛙族群下降最適合的模式；另外侯平君(2010)也利用此模式，對外來種亞洲錦蛙在臺灣的分布與影響佔有率和偵測率的因子進行研究，先從地圖上每個調查方

格中找出水塘、公園、學校、綠地或溝渠等亞洲錦蛙可能利用的生殖場所，以鳴叫計數及目視遇測法估計調查，以棲地佔據模式分析得知亞洲錦蛙對各種棲地類型與氣候都有不錯的適應性。

(四)食性分析

蛙類被認為是一種食蟲性動物，其捕食策略可大致分為坐等型 (sit-and wait) 及機會搜索型 (opportunistic search strategies) (Dodd 2010)；坐等型蛙類通常於單位時間內取得數量較少，但體型較大且活動性較高的獵物，機會搜索型蛙類的捕食對象則傾向小型而多量。Toft (1981) 針對蛙類主要食性形式 (diet pattern) 將蛙類分作"蟻食性" (ant specialists) 和"非蟻食性" (non-ant specialists)。蟻食性蛙類的獵物多為移動較緩慢 (slow-moving) 且幾丁質發達 (strongly chitinized) 的節肢動物，如螞蟻、白蟻及其他小蟲；非蟻食性蛙類的獵物則較前者多樣，傾向捕食如蜘蛛、蝗蟲這類幾丁質不發達 (less chitinized) 的節肢動物。

影響蛙類食性的主要因素包含季節性的食物豐度 (seasonal abundance of food)、尺寸或形狀的物理限制 (size/shape constraints) 以及生態耐受性 (ecological tolerances) 等 (Duellman and Trueb 1994)。此外，性別因子對蛙類的食性表現同樣具有影響力，且可能因繁殖期間行為、策略的不同而與季節有關。

在季節性食物豐度對食性的影響方面，Kovács 等 (2007) 對棲息於羅馬尼亞的樹蟾 *Hyla arborea* 進行研究，發現於相近月份有較類似的食物組成；春季的食物組成主要為蜘蛛目和鞘翅目成蟲，夏、秋季則以同翅目昆蟲為主，季節之間的食物類群組成存有差異；檢視空胃狀況可以發現，於繁殖季 (3 月至 5 月初) 有較高的空胃率 (3 月 14.65%)，5 月底、6 月則分別為 2.29% 及 3.22%。不同季節所產生的食性差異可能與性別因子有關，Rodrigus 等 (2004) 在巴西所進行的食性研究顯示，乾濕季對 *Leptodactylus podicipinus* 雄蛙的捕食量有顯著影響，雄蛙在濕季時的捕食數量較雌蛙和亞成蛙高，於乾季時則無差異。上述研究中，

食性與性別間不同的繁殖表現有關，但此關係可能因不同物種而有不一樣的表現，Silva 等（2009）及 Quiroga 等（2009）在對其他蛙類所進行的食性研究中發現，食性與性別間並無明顯關係。

在尺寸或形狀的物理限制方面，蛙類在食物型態、尺寸或數量的選擇上，通常與體型質和成長發育有關。Giaretta 等（1998）在大西洋森林針對一種棲息於落葉堆的蛙類 *Proceratophrys boiei* 進行食性研究，發現該蛙類不論是嘴寬或吻肛長皆與捕食物尺寸呈現正相關性，又尺寸通常被認為足以代表蛙類個體的成長發育階段，故此蛙類具隨體型成長而捕食較大獵物的特性；Quiroga 等（2009）在阿根廷蟾蜍 *Rhinella arenarum* 身上發現，個體隨成長發育而增加捕食數量，但和捕食物大小無關；Valderrama-Vernaza 等（2009）在安地斯山對箭毒蛙 *Ranitomeya virolinensis* 所做的研究則顯示，個體對蟎類的取食量隨體型成長而減少、對螞蟻的取食量則隨體型成長而增加，隨發育成長而傾向捕食數量較少但尺寸較大的獵物。上列各研究顯示，蛙類的食物類別及型態很可能因體型質及成長發育階段的不同而發生改變。

在耐受性與食性的關係方面，通常具毒性或刺激性物質的獵物較不易受捕食者的青睞。但 Silva 等（2009）在巴西針對入侵種美洲牛蛙 *Lithobates catesbeianus* 所做的食性研究，發現美洲牛蛙大量捕食可分泌如酚類(phenolic)、醌類(quinone)等刺激性化學物質的倍足綱(馬陸)，同時也會捕食具有毒素的原生蟾蜍 *Rhinella pombali*。Silva 等人認為美洲牛蛙之所以捕食上述有毒動物，是因為對這類防禦性物質具有耐受能力 (tolerate)。

入侵種蛙類在入侵地區通常有族群量大、族群密度高等特性，很可能藉著食物資源競爭或直接捕食，對原生蛙類造成負面影響。Wu 等（2005）在中國浙江省岱山島(Daishan island)針對入侵種美洲牛蛙所進行的食性研究發現，牛蛙亞成體對原生蛙類的主要影響在於食物資源上的競爭，成體則不論性別皆會捕食原生蛙類，對其直接造成威脅。Silva 等（2009）在巴西同樣針對入侵種美洲牛蛙進

行食性調查，發現該地區牛蛙食性廣泛，且成體對於原生蛙類的捕食不論在出現頻率(雄 34.78%；雌 36.36%)或體積比例(雄 50.79%；雌 58.09%)的表現上皆較他類胃含物要高，對當地原生蛙類群落有重大的負面影響。

入侵種蛙類的廣泛食性除了可能影響原生蛙類外，也可能改變入侵地的無脊椎動物相。Beard(2007)在夏威夷針對波多黎各樹蛙(*Eleutherodactylus coqui*)所進行的研究顯示，該樹蛙為機會型的廣食性蛙類，捕食高比例的夏威夷特有無脊椎動物(鞘翅目 52%；彈尾目跳蟲 60%；雙翅目蠅類 60%；腹足綱蝸牛 57%)，很可能對當地生物多樣性造成危害。Choi 等人(2012)同樣在夏威夷，針對波多黎各樹蛙與當地無脊椎動物之交互關係進行研究，結果發現波多黎各樹蛙藉由直接捕食減少了樣區內 27%的落葉層無脊椎動物(leaf litter invertebrates)，尤其使蜱蟎亞綱(acari)動物的數量減少了 36%。

除了針對各項腸胃含物進行數量、體積等的分析比較之外，多數蛙類食性分析研究皆進行食性指數計算，以利比較各類腸胃含物對蛙類的重要程度。出現頻率(frequency of occurrence; FO) (Hyslop 1980; Kovács *et al.* 2007; Silva *et al.* 2009)、相對重要性(relative importance; RI) (Hyslop 1980; Quiroga *et al.* 2009)食性寬度(food nich breadth; H) (Krebs 1999) 以及食性重疊度(nich overlap; Ojk) (Krebs 1999; Silva *et al.* 2009; Wu *et al.* 2005)等，皆經常被運用於蛙類食性分析上。

洗胃法(stomach flushing)和腸胃解剖是目前較常使用於蛙類腸胃含物採樣的兩種方法。前者操作方法為麻醉並固定蛙個體後將導管自口腔伸入，導管經消化道至胃，利用低壓水流沖洗出胃含物並以固定液保存以供後續分析(Dodd 2010; Kovács *et al.* 2007; Wu *et al.* 2005);後者在樣本採集同時便立刻以人道方式犧牲，之後直接以解剖方式取出腸胃含物進行分析。洗胃法的優點在於無須犧牲樣本，若實施順利則能有良好且低傷害的效果，適合數量稀少及瀕危的物種；其缺點在於需要相對熟練的操作技術，麻醉藥品的取得與準確施用也較為困難。腸胃解剖的優點在於採集後能立即固定樣本、並保留採集當時的腸胃含物狀態，解剖過程

中對於腸胃道各段的內含物資訊能完全掌握，同時可對樣本性別進行更精確的判定，使用上相當廣泛(Choi and Beard 2012；Quiroga *et al.* 2009；Rodrigues *et al.* 2004；Silva *et al.* 2009)；其缺點在於必須犧牲採樣個體。考量斑腿樹蛙為應予與移除控制之外來入侵種，且為顧及腸胃含物檢測的時效性及準確性，故本研究選擇以解剖法作為斑腿樹蛙腸胃含物的採樣方式。

(五)外來入侵種經營管理

外來入侵種是目前生物多樣性最大的威脅之一。外來物種的入侵可能會對本土生態系造成難以回復的傷害，要完全移除也必須花費許多成本(Davis 2009)，因此外來入侵種的經營管理已經成為許多國家關注的項目。de Poorter *et al.*(2005)指出要解決外來入侵種造成的問題，可以運用兩個策略：預防和減緩，在這兩個策略下又可再細分為四個管理階段：預防、早期偵測、移除、控制。Wittenberg and Cock (2005)、Fowler (2007)也提出相同的概念，認為外來種從開始引入到成為入侵種有 5 個階段，不同的階段必須對應不同的管理方式。

第1個階段為外來種的引入，對應的管理方式為預防。McNeely *et al.*(2001)、Carlton and Ruiz(2005)指出避免外來種入侵最有效的方法就是不要引入外來種。國際上有許多國家或保育組織對於外來種的引入有嚴格的規範，例如第23屆歐洲荒野保育公約(Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats)上所決議的歐洲外來種策略(European Strategy on Invasive Alien Species)，便對歐洲地區各國提供外來種引入的風險評估準則，若此外來種已在其他地區被證實入侵成功，則必須控管此物種的輸入。日本的外來生物法(Invasive Alien Species Act)也將有入侵紀錄的外來種列入管控名單，若要引入必須經過嚴格審核且只能經由特定機場進口。

當外來種逸出野外並開始建立族群時，就進入第 2 階段，此時對應的管理方式為早期偵測，快速反應和移除。早期偵測主要於特定區域進行長期調查(Davis

2009)，例如澳洲的聯邦科學研究組織(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization CSIRO)於具有高入侵風險的地點設置哨兵站(sentinel sites)，定期監測是否有外來種入侵；北美洲在監控外來入侵的南美螟蛾(*Cactoblastis cactorum*)的分布時，也設置哨兵站進行監測(Westbrooks *et al.* 2006)。在偵測到外來物種入侵後，必須做出遏止入侵與開始移除的快速反應(Davis 2009)。塞爾維亞的貝爾格勒機場(Belgrade Airport)，在1990年發現原產於美洲的玉米根蟲(Corn root worm)入侵，雖然在剛入侵時即偵測到，但因軍事動盪的關係並未進行移除，數年後玉米根蟲已經擴散至義大利與東歐，並讓歐洲與亞洲所有玉米種植區成為高入侵風險地區。

第3個階段為外來種成功於野外建立族群並開始擴散，此時對應的管理方式為控制並減緩擴散速度。Wittenberg and Cock (2005)提出入侵種的族群控制方法可以分為四大類：物理控制(mechanical control)，例如槍枝、陷阱等；化學控制(chemical control)，例如殺蟲劑等；生物控制(biological control)；棲地管理(habitat management)。Wittenberg and Cock (2005)同時也指出一旦外來種進入到這個階段，控制可能會耗費許多成本，且很難完全移除所有入侵的個體。

當外來種持續擴散，並對生態、人類健康或經濟造成危害時，這時就必須接納存在，並承受負面損失。

四、研究材料與方法

(一)分布現況調查

為了解斑腿樹蛙在臺灣實際分布現況與擴散情形，分布現況調查分為1.兩棲類保育志工團隊調查；2.一般民眾通報；3.方格系統分布調查。以下分別描述。

1. 兩棲類保育志工團隊普查

兩棲類保育志工團隊由具有獨立調查與蛙種辨識的能力的隊員組成。志工調查方式為普查，調查頻度為每年4次，於1月、4月、7月、10月進行。樣區的地點為志工自行選定，志工在到達樣區調查時，會先目視劃設一條約500m的穿越線，並於穿越線中心記錄一個單位為WGS84經緯度的座標，此座標即為樣區的固定座標，之後再到同樣區調查時皆沿用這個座標，不需重覆標定。調查方式使用目視遇測法(visual encounter method. VEM)與穿越帶鳴叫計數法(audio strip transects. AST)(呂光洋等 1996)互相搭配紀錄蛙種、數量以及停棲位置於規格化的表格中。志工團隊完成調查後會將資料上傳至兩棲類資源調查資訊網，並由兩棲保育研究室成員每個月進行審核，若發現有志工回報疑似斑腿樹蛙族群紀錄，則立刻聯繫該志工團隊，並由兩棲類保育研究室成員協同前往進一步調查確認。

2. 一般民眾與蛙友通報確認分布

一般民眾若發現外來種兩棲類，有以下途徑可以通報:(1)先在臺灣兩棲類保育網 (<http://www.froghome.org/>) 加入會員後，於保育網通報系統回報地點、蛙種、蛙種、聲音。(2)成為保育網會員後，於賞蛙情報網通報。(3)直接寫信至東華大學兩棲類保育研究室信箱(froghome@mail.ndhu.edu.tw)。這3種途徑的回報資料由東華大學兩棲類保育研究室篩選審核，一有疑似斑腿樹蛙的回報資料，即與上傳人員聯絡並前往調查確認，並填寫通報單存檔。

相較於兩棲保育志工團隊定期調查並上傳資料，另外有一群人屬於對自然生態有興趣，不定期進行生態觀察的蛙友。這些蛙友具備有蛙類物種辨識能力。若發現疑似斑腿樹蛙，除了可經由一般民眾通報的途徑，也可以於臺灣兩棲保育志工團隊的Facebook平臺通報。臺灣兩棲保育志工團隊的Facebook社團(<http://www.facebook.com/groups/froghome/>)於2010年成立，社團成員除了兩棲保育志工團隊外，還包含蛙友及一般民眾，截至2013/12/31，共計有2038位成員。社團成員在平臺上分享賞蛙心情、問題發問、賞蛙活動邀約及物種出現通報。社團管理員為東華大學兩棲類保育研究室，每日皆會瀏覽貼文，若發現有疑似斑腿樹蛙的通報，即與貼文的成員聯絡並前往調查確認。

3. 方格系統調查

2012年根據2011年斑腿樹蛙分布點，於每個分布點各劃設9個1km×1km的方格系統。方格系統設置方式為：以分布點為中心方格，向右上、右邊、右下、左上、左邊、左下、上方與下方各劃設一個1km的方格，因此單一個分布點所劃設的方格系統外觀就如同九宮格，由於許多地點因為距離相近，方格系統會彼此合併或相連形成分區，各分區名稱如表1、圖2-7。2012年方格系統共有277格。

2013年除了繼續監測2012年方格系統中的樣點，也將2012年方格系統邊緣向外延伸劃設新的方格，並於2012年新增的斑腿樹蛙分布地點劃設方格系統，全臺灣共新增劃設259個方格(表1、圖2-圖7)。故2013年方格系統共有536個方格。

劃設完成的方格系統會與Google Earth進行疊合，規劃調查路線與樣點。樣點的選定以在每個方格中，找尋1-3個適合蛙類棲息的環境(菜園、竹林、溼地等)設為樣點，並紀錄樣點的WGS84 經緯度座標。藉由分析整理2012-2013年的方格系統分布資料，可瞭解斑腿樹蛙的分布與擴散情況。

2013年方格系統由兩棲類保育研究室與兩棲類保育志工團隊，於2013年斑腿樹蛙繁殖季期間(4-10月)，對方格系統中每個樣點進行2-3次調查，而2013年新增

的方格考量到人力與時間的限制，會在2013年斑腿樹蛙的繁殖季，每個樣點最少進行1次調查，調查方式為夜間的目視遇測法與鳴叫計數法。各區負責調查的團隊如表2。

表 1、各分區 2012 年與 2013 年方格系統方格數。

縣市	分區名稱	2012 年	2013 年	總計
		劃設方格數	新增方格數	
新北市	蘆洲	9	3	12
	觀音山	48	59	107
	浮洲溼地	9	4	13
	城林溼地	9	4	13
	新莊	15	0	15
	鶯歌	9	5	14
	樹林	9	5	14
桃園縣	林口	9	25	34
	三峽	8	5	13
	八德	9	8	17
	中壢	9	6	15
	楊梅	9	0	9
	龜山	15	12	27
	台中市	臺中都會公園	9	13
新社石岡		35	39	74
梧棲		0	9	9
雲林縣	褒忠	9	0	9
彰化縣	田尾	48	10	58
	員林	0	21	21
	埔鹽	0	9	9
	溪湖	0	9	9
屏東縣	大路觀	9	13	22
總計		277	259	536

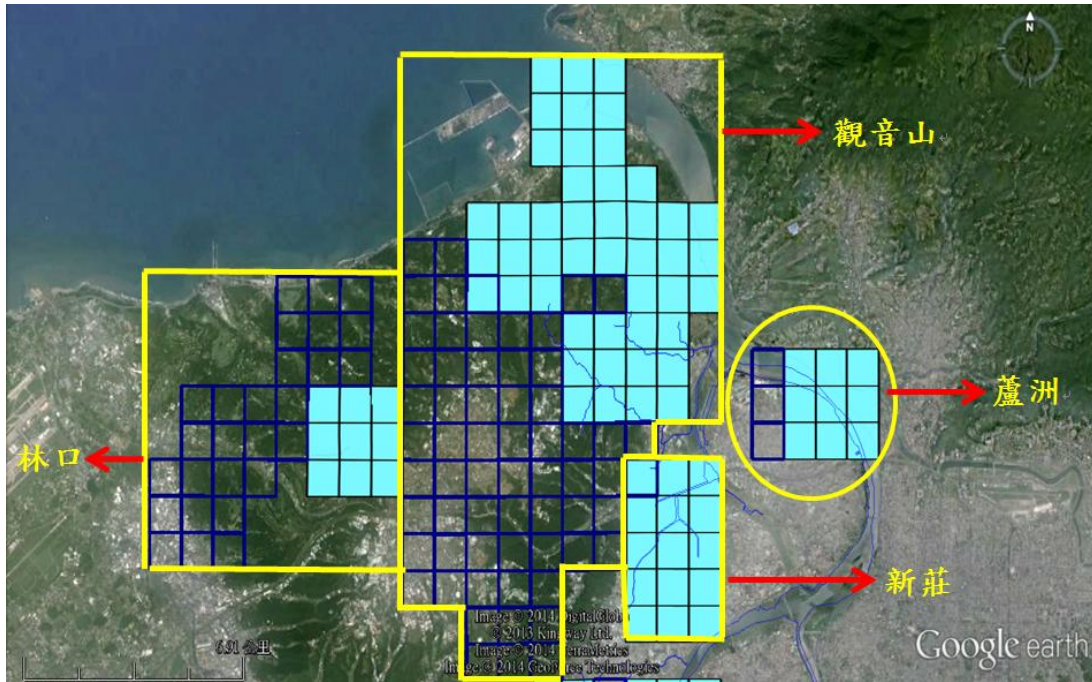


圖 2、位於新北市的分區方格系統，填滿為 2012 年劃設，空格為 2013 年劃設。

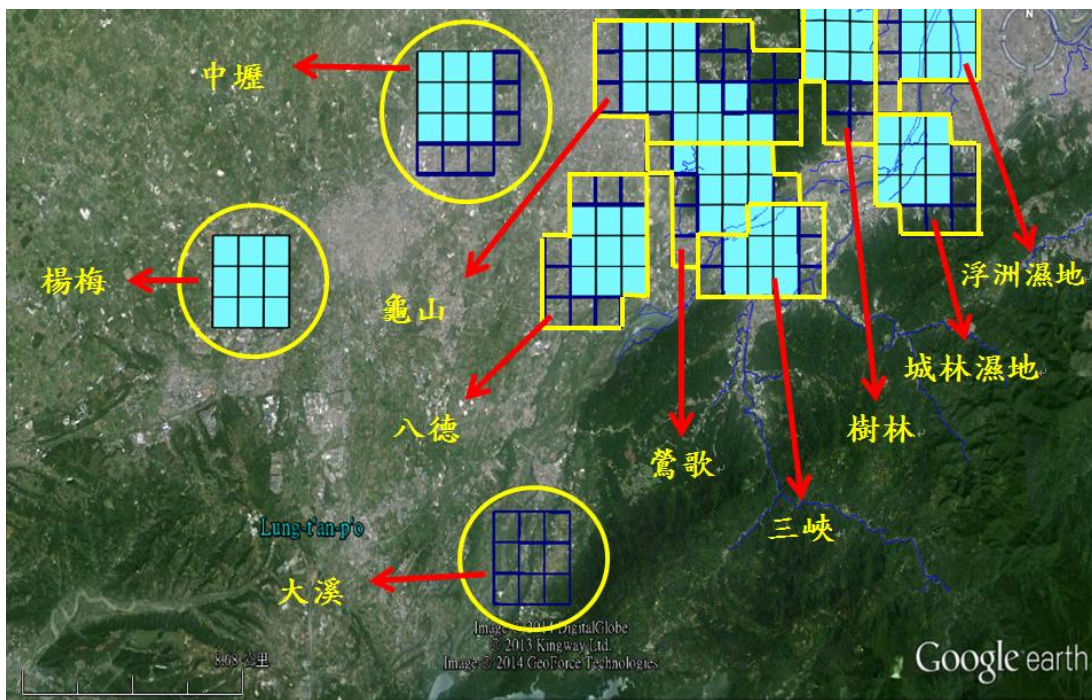


圖 3、位於桃園縣的分區方格系統，填滿為 2012 年劃設，空格為 2013 年劃設

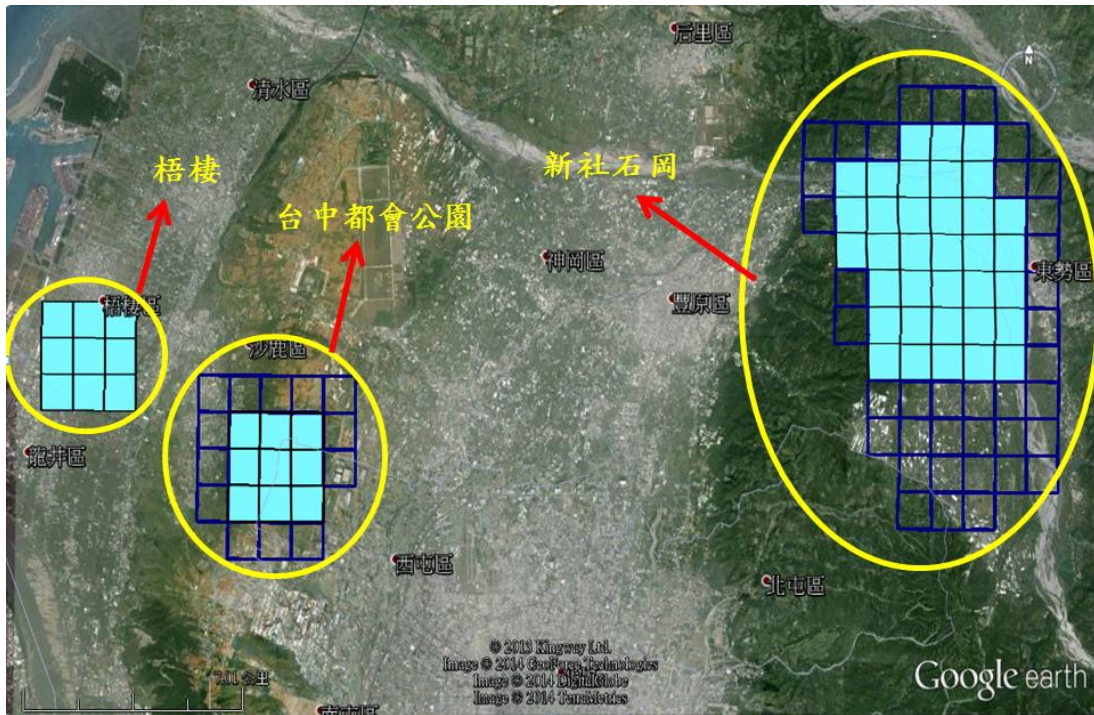


圖 4、位於臺中市的分區方格系統，填滿為 2012 年劃設，空格為 2013 年劃設。

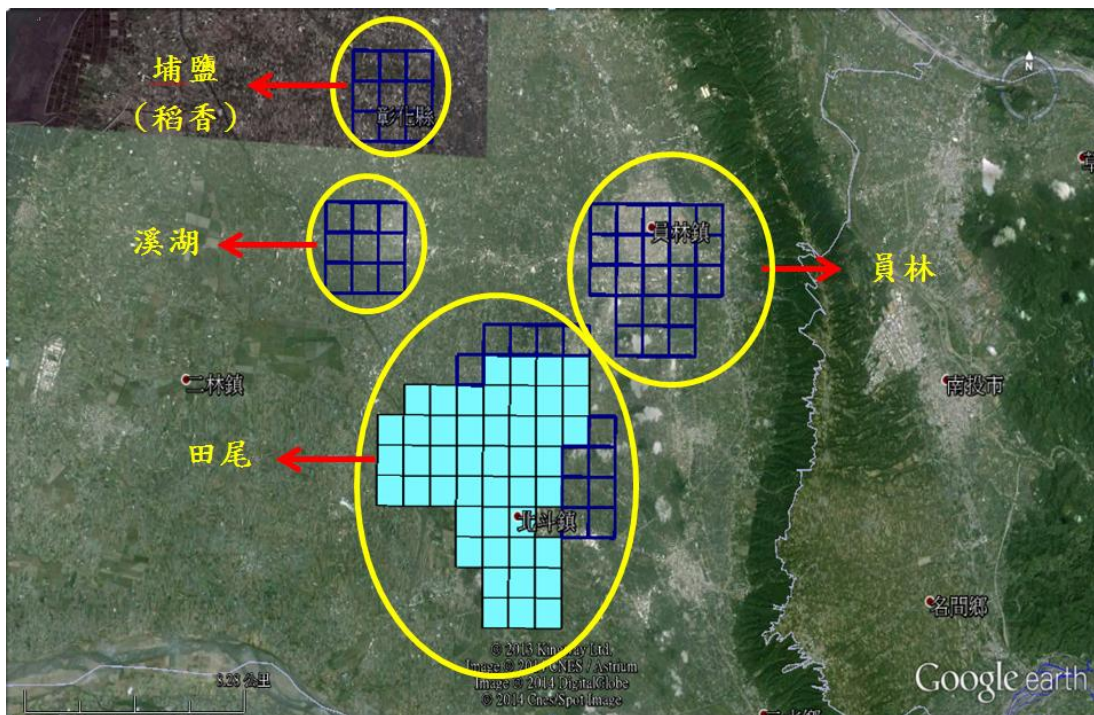


圖 5、位於彰化縣的分區方格系統，填滿為 2012 年劃設，空格為 2013 年劃設

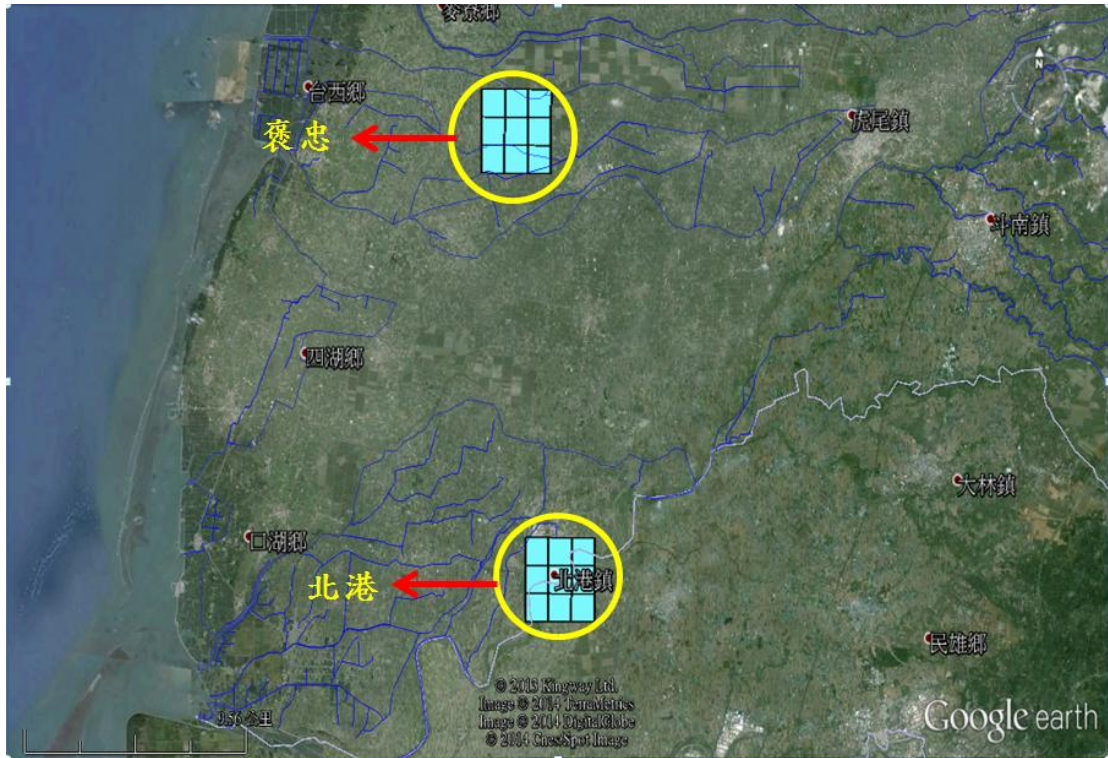


圖 6、位於雲林縣的分區方格系統，填滿為 2012 年劃設，空格為 2013 年劃設

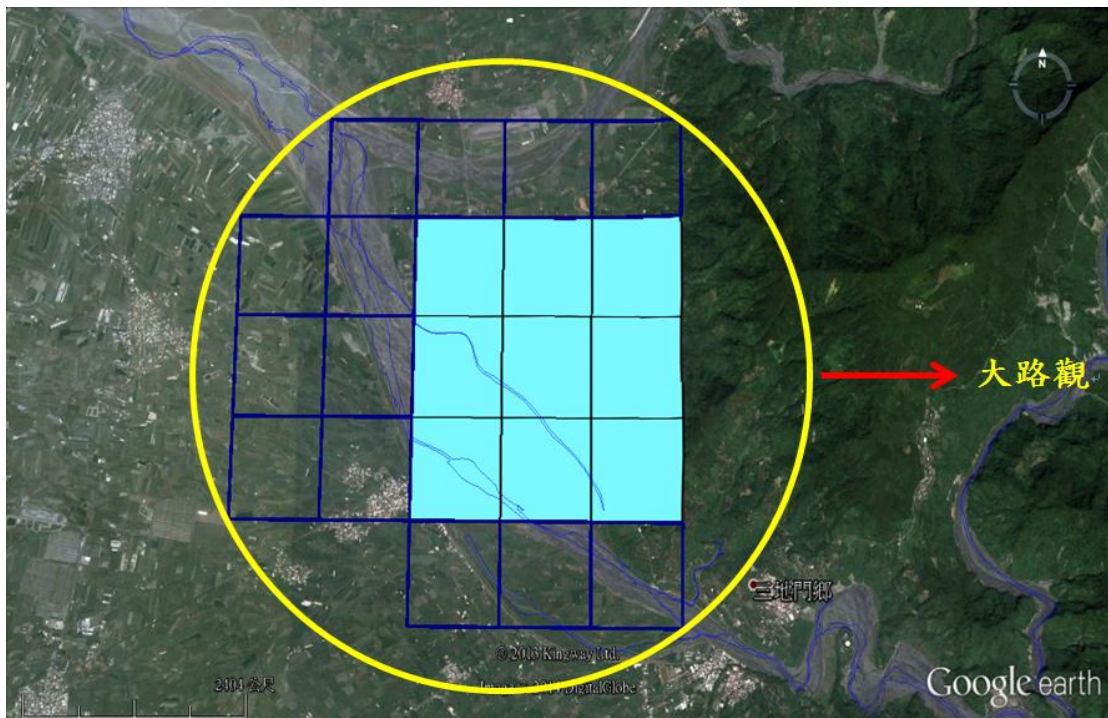


圖 7、位於屏東縣的分區方格系統，填滿為 2012 年劃設，空格為 2013 年劃設

表 2、負責方格系統調查團隊及調查方格數。

縣市	分區名稱	負責團隊	方格數
新北市	蘆洲	兩棲類保育研究室、臺北快樂蛙	12
	觀音山	兩棲類保育研究室	107
	浮州溼地	兩棲類保育研究室	13
	城林溼地	兩棲類保育研究室	14
	新莊	臺北牡丹心	15
	鶯歌	心德愛蛙、臺北快樂蛙	13
	樹林	兩棲類保育研究室	14
桃園縣	林口	兩棲類保育研究室	34
	三峽	兩棲類保育研究室	13
	八德	桃園鳥會	17
	中壢	桃園鳥會	15
	楊梅	桃園鳥會	9
	龜山	心德愛蛙	27
	臺中市	臺中都會公園	兩棲類保育研究室
新社石岡		兩棲類保育研究室	74
梧棲		兩棲類保育研究室	9
雲林縣	褒忠	兩棲類保育研究室	9
	北港	兩棲類保育研究室	9
彰化縣	田尾	兩棲類保育研究室、彰化鳥會	58
	員林	兩棲類保育研究室	21
	埔鹽	兩棲類保育研究室	9
	溪湖	兩棲類保育研究室	9
屏東縣	大路觀	屏東鳥會	22
總計			545

(二)棲地佔據模式

為了解斑腿樹蛙與臺灣原生蛙類在2012年與2013年分布與佔據的變化情況，利用2012年方格系統，選擇每年調查次數最少兩次的樣點資料，並將各蛙類在方格的分布轉換成出現(1)與未出現(0)的資料。分析利用MacKenzie et al.(2002)年使用的棲地佔據模式，透過軟體PRESENCE (version 4.0) 進行分析，將斑腿樹蛙的繁殖季(4-10月)當作一個調查季，以各物種的分布資料進行單季節模式分析，

以物種的佔有率與偵測率不受其他因子影響的模式進行估算，若物種出現的資料少於5筆，將無法產生有意義的估算結果，該物種則不進行估算。透過棲地佔據的估算可以瞭解方格系統中斑腿樹蛙與臺灣原生蛙類的分布與佔據情況，可做為長期監測斑腿樹蛙與臺灣其它蛙類關係的基礎資料。

(三)共域蛙種

選擇已進行兩年監測的挖仔尾、碧龍宮與臺中都會公園為樣區，於2013年1至12月每月進行一次調查，記錄各樣區出現的蛙種、數量，並與楊懿如等(2013)結果進行比較，以瞭解兩年間各樣區物種組成、優勢物種是否有變化。

(四)棲地利用

進行棲地利用研究的樣區為挖仔尾、碧龍宮以及臺中都會公園。這三個樣區棲地包含了6大類型:流動水域(<5m)、永久性靜止水域(岸邊植物、水域、水池岸邊)、暫時性靜止水域(旱田、水邊植物、水域)、樹木(喬木、灌叢、底層、竹子)、草地(高草短草)、裸露地(空地、車道、步道、住宅、乾溝、水溝邊坡)。在2013年1月-12月進行每月一次調查，調查時間為18:00到20:00，以目視遇測法與鳴叫計數法，記錄種類、數量與利用的棲地，以探討斑腿樹蛙的棲地偏好與季節是否有差異，並與共域蛙種結果合併，討論斑腿樹蛙與原生蛙類可能存在的競爭關係。

(五)族群波動

為了解斑腿樹蛙的族群波動，並討論可能影響其活動高峰與繁殖期的氣候因素，選擇挖仔尾、碧龍宮與臺中都會公園為樣區，於2013年1至12月每月進行一次調查，記錄樣區發現斑腿樹蛙隻數與生活型態(卵、蝌蚪、幼蛙、成蛙)。為

能與 2012 年結果比較，繁殖期的定義比照楊懿如等人(2013)，為雄蛙有鳴叫或發現卵泡。考量到氣候資料的可得性，氣候因子採用調查當日氣溫、當月均溫、調查當日雨量、當月累積雨量進行分析。當日氣溫於進行調查時使用氣溫計測得。其餘因子則藉由推估而得，計算方式為：至中央氣象局網站 (<http://www.cwb.gov.tw>) 下載臺灣本島 28 個氣象站調查當日雨量、當月累積雨量、與當月均溫，使用 ArcGIS 製作全臺各調查日的等溫線(isotherm)圖層，並將挖仔尾、碧龍宮與臺中都會公園的位置標記於圖層上，以推估這 3 個樣區的氣候數值。

(六)食性分析

1. 樣區選擇

以斑腿樹蛙族群量龐大、微棲地類型豐富且易於採樣的新北市八里區挖仔尾自然保留區為試驗地點，於其中挑選四個區域、搭配穿越線進行斑腿樹蛙個體採集：(1) 土地公廟區-植物組成以人工栽植的竹子和低矮灌叢為主，其內散佈零星儲水容器，穿越線長度約 100 公尺；(2) 舊竹林區-植物相較為單一，以人工栽植的竹子為主，其內散佈零星儲水容器，周圍設有人工竹製圍籬及少許喬木，穿越線長度約 100 公尺；(3) 新竹林區-植物相較為豐富，除了人為種植的竹林區外，尚有些許果樹喬木及大面積灌叢，散佈零星儲水容器及一處大型且具良好遮蔭之人工水域，穿越線長度約 150 公尺；(4) 黃槿蘆葦區-前段涵蓋大型蘆葦植叢及黃槿樹林，後段為設有零星儲水容器且高開闢程度的沙地菜園，穿越線長度約 150 公尺(圖 8)。

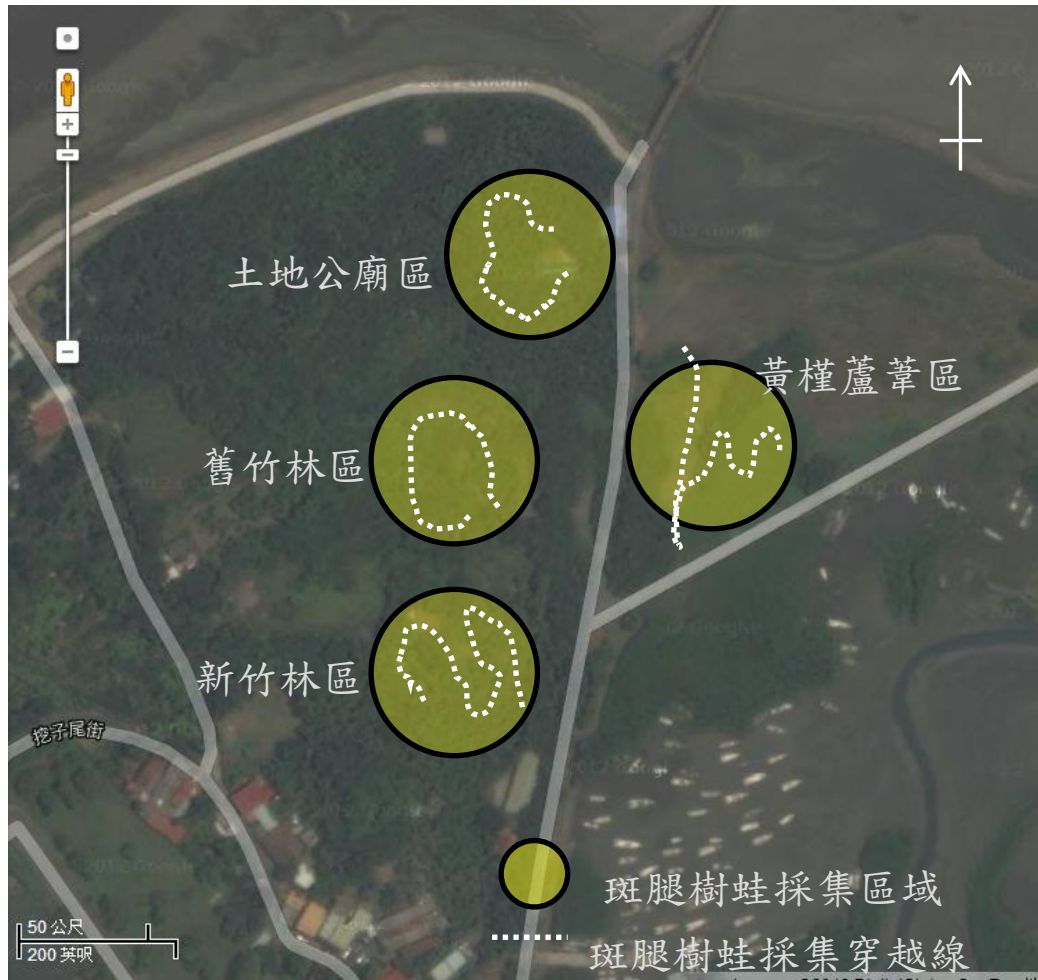


圖 8、挖仔尾各樣區位置及採集穿越線。

2. 個體採集

採樣期間自 2012 年 8 月至 2013 年 7 月，期間以每個月一次的採樣頻度進行斑腿樹蛙個體採集。夜行性蛙類食性分析的採樣時機多選在入夜後的 2 至 4 小時開始 (Dodd 2010; Rodrigues *et al.* 2004)，因為此時通常可獲得較佳之腸胃含物狀況。每一樣區各設有採集穿越線，沿穿越線進行採集達 45 分鐘、或者連續 20 分鐘皆無個體尋獲即更換樣區，同時記錄每個樣區的採集開始與結束時間。採集時使用目視遇測法(visual encounter method)，以手電筒對停棲個體進行搜尋，並以徒手或撈網捕捉。在 2012 年 8 月至 2013 年 2 月期間，樣本個體以吸入性藥劑(乙醚)犧牲，操作方式為斑腿樹蛙個體裝入充滿乙醚氣體之密封玻璃罐內數分鐘

致昏，令其完全昏迷死亡(即心跳停止且個體經拉扯、戳刺後仍無任何身體反應)後始進行後續固定處理；但在考慮到操作人員安全以及動物福祉(兩棲類皮膚直接吸收刺激性藥劑所產生的痛苦)，2013年3月份直至之後的犧牲方式皆改為低溫安樂死，樣本個體以封口袋各別安置，給予編號並記錄採集區、微棲地類型、棲息點離地高度和特殊行為等資料，隨即放入裝有大量冰塊的可攜式保冷箱內，減緩其消化作用。

當日採樣結束後，樣本統一以 -15°C 、十二小時冷凍犧牲，隨後浸於自來水中一小時解凍；解凍後樣本以電子游標卡尺(Mitutoyo corp 500-197)測量其吻肛長(snout-vent length; SVL)及嘴寬(mouth width; MW)，紀錄單位為mm，判讀至小數點後兩位；測量完畢之樣本個體於左後腿股部至脛部纏綁標有編碼的鐵絲卡紙標籤，同時以注射針筒注入10%福馬林溶液(formalin)至體腔內進行腸胃含物固定。量測、標記且固定完畢之樣本，浸入裝有75%酒精溶液(alcohol)的玻璃罐中保存，待日後攜回研究室進行腸胃含物解剖鑑定。

3. 樣本處理

斑腿樹蛙樣本攜回至研究室後逐一進行解剖、性別判定及腸胃含物鑑定計數。解剖時以解剖剪刀自蛙體腹部下緣剪開，並向上剪至胸骨，令開口呈現「工」字形；摘除心、肝及肺臟後截斷連接口咽部的食道及連接泄殖孔的直腸段後，可將消化腺與腎臟連同生殖腺一併完整取出。以生殖腺判定個體性別並記錄：雄蛙具一對懸附於腎臟前端的米白色睪丸(圖9)，於繁殖季期間格外膨大發達；雌蛙具一對生於腎臟兩側的米黃色團狀卵巢，以及一對多層彎曲、呈現透明至米白色的帶狀輸卵管(圖10)，繁殖季期間經常可發現淡黃色卵粒散佈於其中。



圖 9、雄蛙貼附於腎臟的睪丸。

圖 10、雌蛙的卵巢及輸卵管。

將消化道區分為胃部、小腸（具絨毛段）及剩餘腸道三個部分，並各別完成腸胃含物類別鑑定與數量、體積計算。進行腸胃含物分類時，以解剖顯微鏡及冷光照明燈協助鑑定；脊索動物門、節肢動物門至少鑑定至目（Order）分類階層；軟體動物門、環節動物門至少鑑定至綱（Class）分類階層；若發現植物殘餘或碎片則將其視為意外誤食（Silva *et al.* 2009）。計算腸胃含物數量時若出現有大量殘骸、不易確認隻數的情形，則以最小數量的可辨識部分進行數量估計。解剖時直接用測量尺對腸胃含物進行量測，並依其形狀採用合適之體積公式進行體積估算（表 3）；若腸胃中僅剩某類內含物殘骸片段，則參考其他樣本腸胃中同種內含物的測量值，推估被取食當下的完整體積。

完成鑑定、計數和體積量測之腸胃含物，全數保存於裝有 70% 酒精溶液之塑膠樣本罐中，供後續測量比對之用。

表 3、各類物體體積計算公式。

物體類型	體積公式
矩形體	$L * W * H$
球體	$(4/3) \pi * r^3$
橢圓體	$(4/3) \pi * (L/2) * (W/2)^2$
圓柱體	$\pi * r^2 * H$
圓錐體	$(1/3) \pi * r^2 * H$

（L:長度；W:寬度；H:高度；r: 圓形半徑； π : 圓周率）

4. 資料分析

斑腿樹蛙胃內含物鑑定計數完畢後，計算各食物類別的出現頻率(FO)，以表示某食物類別存在於所有個體之普遍性。其公式如下：

$$FO_i = (n_i / N) * 100 \% \text{ (含有食物類別 } i \text{ 的個體數/總個體數)} * 100\%$$

(七)控制

為避免斑腿樹蛙持續擴散，於挖仔尾、碧龍宮、臺中都會公園、彰化田尾、桃園縣市與木柵動物園進行移除控制。移除由東華大學兩棲類保育研究室與兩棲類保育志工團隊進行，各地區負責團隊與移除期間如表 4。移除時間雖然各地有所差異，但皆包含斑腿樹蛙的繁殖期。移除對象包括斑腿樹蛙成蛙、幼蛙、蝌蚪、卵塊。移除後的斑腿樹蛙放置夾鍊袋中，由各辦理單位攜回並迅速置入-20°C 冰箱中冷凍，數日後直接取出掩埋即可，或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。卵塊及蝌蚪則當場就地掩埋。

表 4、2013 年各移除地點負責團隊。

縣市	地點名稱	負責團隊	期間
臺北市	臺北市立動物園	臺北動物園卻斑行動大隊	4 月-9 月
新北市	挖仔尾	東華大學兩棲類保育研究室、八里 N 團隊 親親小蛙團隊	1 月-12 月
新北市	碧龍宮	東華大學兩棲類保育研究室、臺北牡丹心團隊	1 月-12 月
臺中市	臺中都會公園	東華大學兩棲類保育研究室、臺中都會公園美白去斑大隊	1 月-12 月
彰化縣	田尾	東華大學兩棲類保育研究室、彰化鳥會	1 月-12 月

五、結果與討論

(一)斑腿樹蛙分布現況

1. 兩棲保育志工團隊普查

2013 年共計有 52 個團隊進行調查。調查樣區涵蓋了 18 個縣市、153 個鄉鎮區與 1,212 個樣區，並上傳了 25,053 筆調查資料(圖 11)。其中有 395 個樣區(32.6%)發現斑腿樹蛙，共調查到雄蛙 4,497 隻次、雌蛙 804 隻次、幼蛙 197 隻次、卵塊 97 個以上。

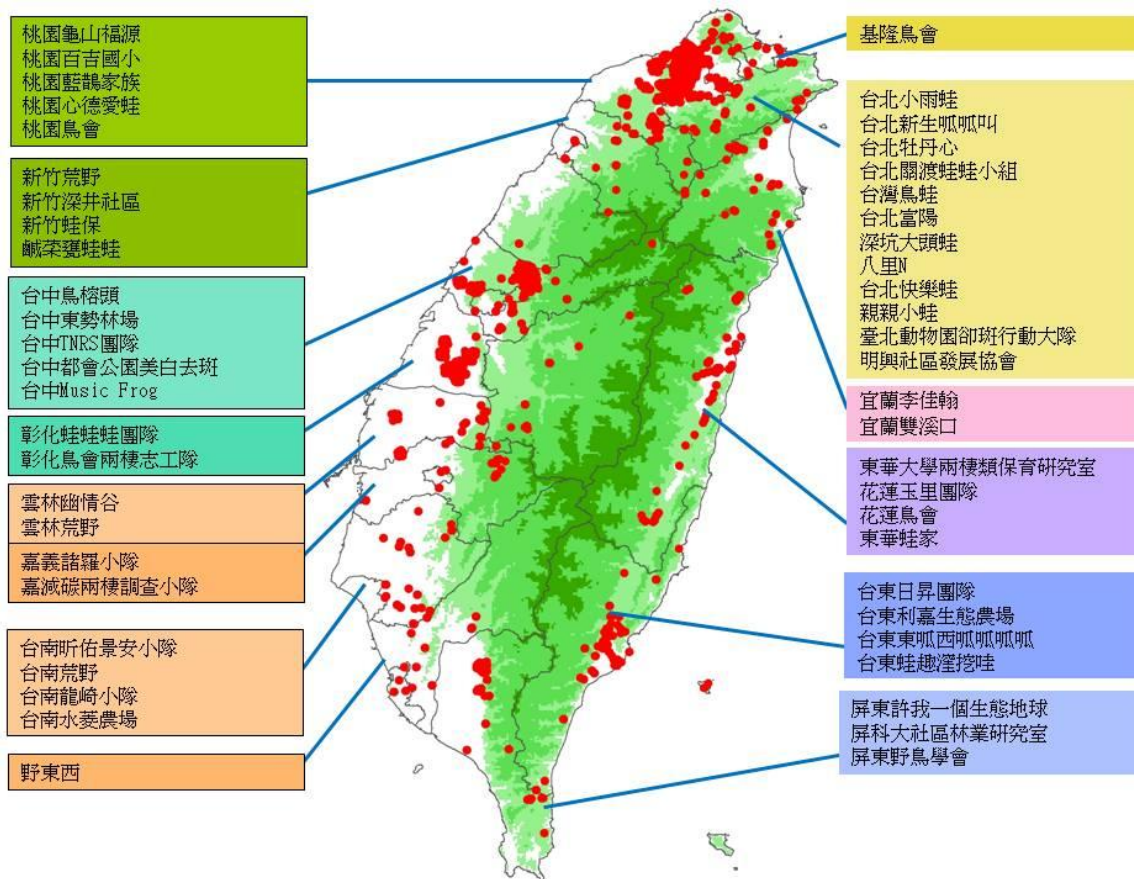


圖 11、2013 年參與普查的志工團隊分布圖，紅點為志工調查樣區。

2. 一般民眾與蛙友通報分布

2013年共計38筆通報記錄(表5)，其中31筆確認有斑腿樹蛙分布。通報方式主要為臺灣兩棲保育志工Facebook社團通報與東華大學兩棲類保育研究室信箱通報，分別為20筆與12筆。通報時間集中在3月-8月，可能原因為這段期間是斑腿樹蛙繁殖期，容易被人發現。確認有斑腿樹蛙分布的地點大多數位於平地，原因除了斑腿樹蛙偏好開墾環境(楊懿如等 2013)外，這些地點人為活動頻繁(學校、公園、民宿)也增加發現的機率。

於小粗坑古道、高峰國小、175 縣道 9.2K 與中隘里這 4 個通報地點進行調查確認時僅發現布氏樹蛙、小雨蛙等其他原生種蛙類，並無斑腿樹蛙。這 4 個地點皆鄰近低海拔山區，除了高峰國小外其餘地點出現斑腿樹蛙的可能性不高，進行通報時應是將布氏樹蛙誤認為斑腿樹蛙。

贈送斑腿樹蛙卵或蝌蚪是今年較特殊的通報案例。3 個通報分別為彰化縣溪湖鎮一位民眾贈送自家果園的斑腿樹蛙蝌蚪給網友、彰化縣田尾鄉某園藝行將店內的斑腿樹蛙卵塊贈送給前來購買苗木的顧客、以及有民眾於網路論壇(網路花壇)贈送斑腿樹蛙蝌蚪。其中溪湖鎮與網路花壇的通報因無法得知詳細的通報地點而未能處理，但田尾鄉的某園藝行在經過勸導後已不再贈送蝌蚪及卵塊，建議未來對田尾的園藝業者加強宣導，減少斑腿樹蛙的擴散機會。

表 5、2013 年斑腿樹蛙通報紀錄

序號	通報日期	通報縣市	通報地點	通報方式	確認情形
1	03/06	彰化縣	明道大學	Facebook	有
2	03/31	臺中市	瑞井古井	私人通訊	有
3	04/14	彰化縣	溪湖鎮	Facebook	有
4	04/19	桃園縣	大有國中	Facebook	有
5	05/02	桃園縣	新興國小	Facebook	有
6	05/04	桃園縣	小粗坑古道	Facebook	無
7	05/06	桃園縣	慈康路羅莎會館	Facebook	有
8	05/06	桃園縣	員林里 138 號	Facebook	有
9	05/06	桃園縣	桃園殯儀館	Facebook	有
10	05/07	新北市	內湖	Facebook	無
11	05/19	新竹市	高峰國小	信箱	無
12	05/25	新北市	關渡自然公園	信箱	有
13	05/31	新北市	尖山公園	信箱	有
14	06/04	臺南市	175 縣道 9.2K	Facebook	無
15	06/07	新北市	自強國中	Facebook	有
16	06/23	桃園市	陽明高中(附近)	Facebook	有
17	06/28	桃園縣	龜山鄉復興三路 500 號	信箱	有
18	07/15	桃園市	永安路	Facebook	有
19	07/23	彰化縣	沐卉農場	信箱	有
20	07/25	彰化縣	田尾鄉某園藝行	信箱	有
21	07/28	新北市	和美山	Facebook	有
22	07/31	新竹市	中隘里	Facebook	無
23	08/01	高雄市	臺 20 乙線近角譚	信箱	無
24	08/13	彰化縣	赤水崎	Facebook	有
25	08/31	彰化縣	八卦山	私人通訊	有
26	09/18	桃園縣	龜山鄉長庚村	信箱	有
27	09/30	新北市	三芝區三板橋	信箱	無
28	11/11	彰化縣	民宿-阿信的家	Facebook	有
29	11/21	苗栗縣	花露休閒農場	Facebook	有
30	12/08	彰化縣	網路論壇分享	Facebook	有
31	12/10	新北市	竹圍 樹梅坑溪	Facebook	有
32	12/11	桃園縣	南坎溪溼地公園	信箱	有
33	12/11	新北市	新莊副都心	信箱	有
34	12/11	新北市	文林國小	信箱	有

3. 方格系統調查

表 6 為 2013 年各分區方格系統的分布比例。斑腿樹蛙在 536 個方格中的分布比例為 45.7%(245/536)。分布比例最高的分區為田尾(75.9%)，鶯歌、樹林、龜山、溪湖、三峽與林口的分布比例也都高於 50%。在 2013 年 19 個分區新增方格，其中除了三峽、八德與浮洲濕地外，其餘 16 個分區皆有發現斑腿樹蛙。顯示斑腿樹蛙族群分布範圍尚未清查完畢，建議未來持續新增方格系統，才能確實了解分布範圍。

在 2012 年與 2013 年皆有調查兩次以上的 15 個分區中，有 10 個分區的分布比例增加，4 個維持不變，1 個減少。增加最多的分區為田尾(43.7%)，其餘新社、石岡、龜山、八德、楊梅、屏東大路觀也都增加超過 20%。唯一減少的分區為位於都市的新莊(減少 1 格)，此外 2011 年曾在北港發現斑腿樹蛙，2012-2013 年調查皆未發現。斑腿樹蛙整體的分布比例從 2012 年的 44.8%，到 2013 年上升至 63.2%，顯示斑腿樹蛙持續擴散中。

綜合上述結果，斑腿樹蛙分布於臺北市、新北市、桃園縣、苗栗縣、臺中市、彰化縣、雲林縣與屏東縣，與 2012 年分布相較新增苗栗縣。斑腿樹蛙分布雖不連續，但在各出現點分布廣泛，且在擴散中。分布海拔多數在 0-100m 以下，僅有桃園、新社周圍的分布點海拔介於 100-500m。斑腿樹蛙分布圖如圖 12。

表 6、2013 年斑腿樹蛙於各個方格系統的分布比例。

分區 名稱	2012 年方格系統		2013 年新增方格		分布比率(%)
	方格數	有斑腿樹蛙 方格數	方格數	有斑腿樹蛙 的方格數	
田尾	48	41	10	3	75.9
鶯歌	9	6	5	3	64.3
樹林	9	7	5	2	64.3
龜山	15	11	12	7	66.7
溪湖	0	0	9	5	55.6
三峽	8	7	5	0	53.8
林口	9	4	25	15	55.9
觀音山	48	27	59	22	45.8
梧棲	0	0	9	4	44.4
褒忠	9	4	0	0	44.4
大路觀	9	5	13	4	40.9
新社石岡	35	26	39	2	37.8
臺中都會公園	9	6	13	2	36.4
八德	9	6	8	0	35.3
楊梅	9	3	0	0	33.3
員林	0	0	21	7	33.3
中壢	9	4	6	1	26.7
浮州溼地	9	3	4	0	23.1
埔鹽(稻香)	0	0	9	2	22.2
城林溼地	9	2	4	1	23.1
蘆洲	9	1	3	1	16.7
新莊	15	1	0	0	6.7
總計	277	164	259	81	45.7

表 7、2012 年與 2013 年方格系統斑腿樹蛙分布比率。

分區名稱	2012 方格數	斑腿樹蛙 分佈方格數		分布比率(%)	
		2012 年	2013 年	2012 年	2013 年
		田尾	48	20	41
三峽	8	6	7	75	87.5
樹林	9	7	7	77.8	77.8
鶯歌	9	5	6	62.5	75
新社石岡	35	18	26	51	74.3
龜山	15	7	11	46.7	73.3
八德	9	4	6	44.4	66.7
臺中都會公園	9	6	6	66.7	66.7
大路觀	9	3	5	33.3	55.6
觀音山	48	25	27	52.1	0.56
林口(小木屋)	9	4	4	44.4	44.4
褒忠	9	1	4	11.1	44.4
楊梅	9	1	3	11.1	33.3
中壢	9	3	4	22.2	22.2
新莊	15	2	1	13.3	6.7
總計	250	112	158	44.8	63.2

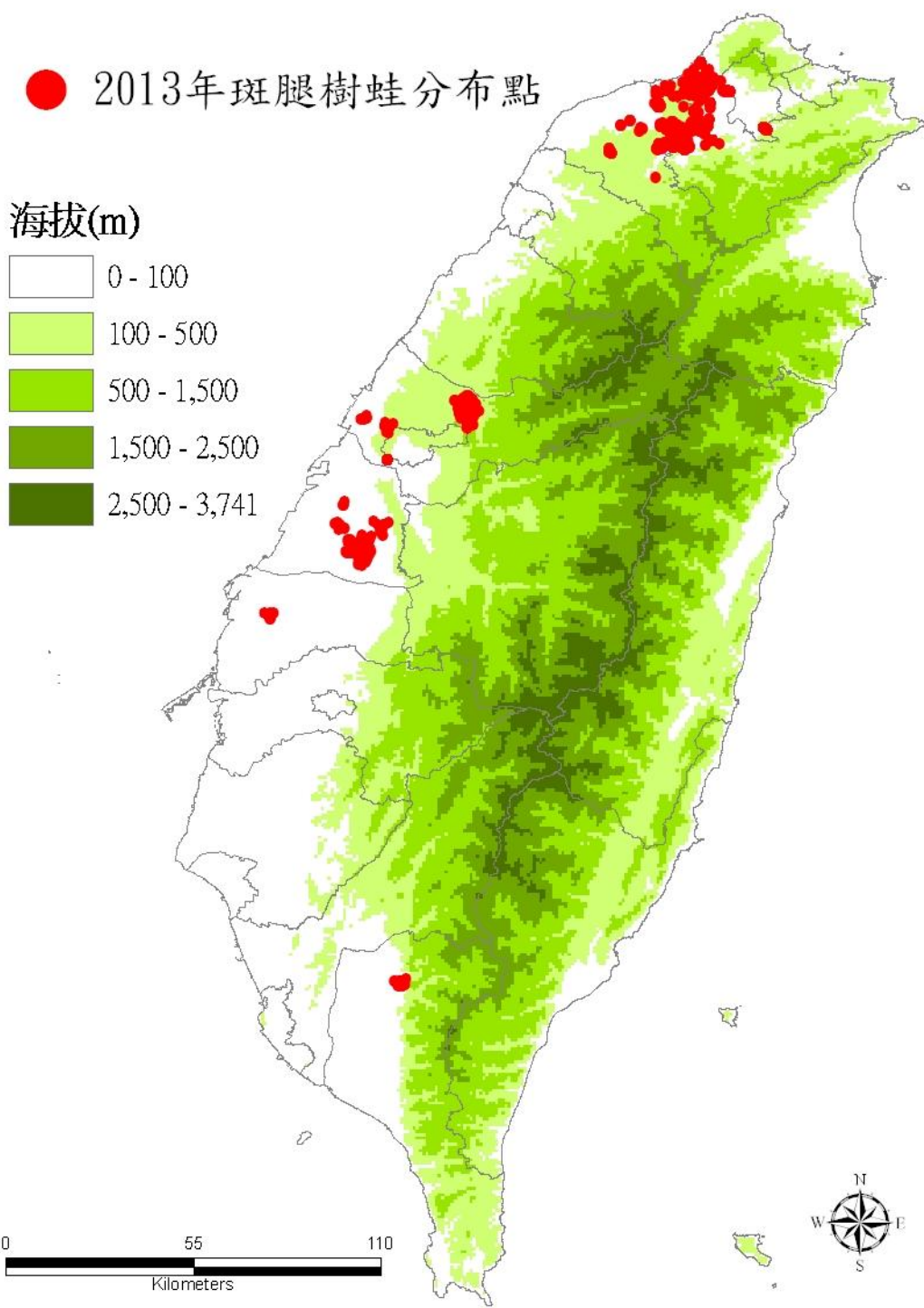


圖 12、斑腿樹蛙分布圖。

(二)佔有率研究

表 8 顯示 2012 年與 2013 年各蛙種的佔有率排序大致相同，斑腿樹蛙與澤蛙佔有率最高(>0.5)，面天樹蛙、日本樹蛙、布氏樹蛙與虎皮蛙最低(<0.1)。比較 2012 年及 2013 年各蛙類佔有率，2013 年斑腿樹蛙、澤蛙、黑眶蟾蜍佔有率較 2012 年高，其餘蛙種變化不大。斑腿樹蛙佔有率自 0.55 增加至 0.64，偵測率自 0.87 增加至 0.93，顯示在方格系統中斑腿樹蛙為容易被偵測到的優勢種。

表 8、2012 年與 2013 年方格系統中各蛙種佔有率與偵測率。

種類	2012 年					2013 年				
	佔有(原)	佔有率	SE	偵測率	SE	佔有率(原)	佔有率	SE	偵測率	SE
斑腿樹蛙	0.45	0.55	0.1	0.87	0.08	0.56	0.64	0.03	0.93	0.02
澤蛙	0.45	0.51	0.07	0.7	0.05	0.59	0.67	0.04	0.85	0.03
黑眶蟾蜍	0.3	0.35	0.12	0.4	0.09	0.51	0.55	0.4	0.53	0.13
貢德氏赤蛙	0.27	0.33	0.08	0.52	0.06	0.28	0.34	0.09	0.59	0.07
小雨蛙	0.23	0.38	0.11	0.47	0.12	0.21	0.29	0.11	0.39	0.06
中國樹蟾	0.17	0.26	0.09	0.5	0.14	0.15	0.25	0.08	0.47	0.09
拉都希氏赤蛙	0.15	0.21	0.12	0.64	0.11	0.18	0.23	0.08	0.65	0.07
面天樹蛙	0.09	0.16	0.12	0.8	0.14	0.08	0.15	0.12	0.57	0.13
日本樹蛙	0.08	0.09	0.42	0.33	0.25	0.08	0.09	0.08	0.47	0.09
布氏樹蛙	0.08	0.1	0.07	0.34	0.21	0.07	0.09	0.11	0.31	0.07
虎皮蛙	0.04	0.09	0.07	0.38	0.1	0.03	0.05	0.18	0.35	0.22

(三)共域蛙種

以下針對挖仔尾、碧龍宮與臺中都會公園的結果分別進行描述。

1. 挖仔尾

2013 年於挖仔尾進行 11 次調查，7 月因連續颱風淹水無法進行調查。共發現 9 種蛙類，數量以中國樹蟾最多，佔所有蛙種總隻次的 31.4%(522/1665)，其次為斑腿樹蛙(29.0%，483/1665)與小雨蛙(20.1%，334/1665)(表 9)。褐樹蛙數量

最少，僅發現 1 隻次，推測可能是被水從其它地方沖到地勢較低的挖仔尾。中國樹蟾、斑腿樹蛙和小雨蛙的總數量已占所有蛙種 80.5%(1339/1665)，為挖仔尾地區的優勢蛙種。中國樹蟾與小雨蛙的出現高峰期為 2-5 月，較斑腿樹蛙為早，減少與斑腿樹蛙的競爭機會。

比較 2012 年與 2013 年各蛙種佔所有蛙種總隻次比例，斑腿樹蛙 2012 年為 69%(785/1132)，2013 年則下降至 29.0%；而中國樹蟾則從 2012 年的 9%(97/1132)，2013 年上升至 31.4%。造成斑腿樹蛙與中國樹蟾數量變化的原因可能為移除有所成效或受氣候影響，但仍有待進一步觀察。2012 年紀錄到各 1 隻次的美洲牛蛙與腹斑蛙，2013 年則未發現，推測這兩種蛙出現情況與 2013 年發現的褐樹蛙相同，皆為從他處被水沖至挖仔尾的個案。

表 9、挖仔尾 2013 年每月調查物種與數量表。

蛙種 \ 月份	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	總計
黑眶蟾蜍	9	14	0	25	15	23	3	6	1	4	2	102
中國樹蟾	19	35	17	109	213	29	9	7	16	54	14	522
小雨蛙	3	82	1	11	123	8	7	34	19	34	12	334
長腳赤蛙	3	5	2	2	0	3	0	1	1	0	0	17
拉都希氏赤蛙	2	2	3	1	0	0	0	2	0	1	1	12
貢德氏赤蛙	3	4	0	15	8	15	19	13	6	0	1	84
澤蛙	4	6	0	11	30	7	24	17	4	3	4	110
褐樹蛙	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
斑腿樹蛙	9	18	2	44	101	59	53	48	62	62	25	483
總計	52	167	25	218	490	144	115	128	109	158	59	1665

2. 碧龍宮

2013 年於碧龍宮進行 11 次調查，8 月因颱風無法進行調查。共發現 13 種蛙類，蛙種數是 3 個棲地調查樣區中最多。拉都希氏赤蛙發現的數量最多，佔所有蛙種總隻次的 31.5%(244/775)(表 10)；其次為澤蛙佔 19.2%(149/775)；斑腿樹蛙

則佔 15.9%(123/775)。比較 2012 年與 2013 年各蛙種佔所有蛙種總隻次比例，皆是以拉都希氏赤蛙最高，其次為澤蛙。斑腿樹蛙 2012 年為 14.9%(107/715)，2013 年上升至 15.9%(123/775)；拉都希氏赤蛙與澤蛙的比例也同樣上升(拉都希氏赤蛙自 29.5%至 31.5%，澤蛙自 15.4%至 19.2%)。拉都希氏赤蛙繁殖高峰期為 12 月，澤蛙為 7 月，與斑腿樹蛙不同。2010 年曾記錄過布氏樹蛙，但 2011 年後則未再發現。2012 年曾紀錄虎皮蛙 2 隻次，但 2013 年未發現，原因可能為虎皮蛙不容易被偵測到，這部分還須進一步觀察確認。

表 10、碧龍宮 2013 年每月調查物種與數量表。

蛙種 \ 月份	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	總計
黑眶蟾蜍	0	0	8	2	0	0	3	4	1	0	0	18
盤古蟾蜍	4	4	8	2	0	3	0	3	1	7	6	38
小雨蛙	0	1	8	16	13	0	1	0	1	0	0	40
長腳赤蛙	0	4	2	0	0	0	0	0	1	4	13	24
拉都希氏赤蛙	6	34	29	27	20	5	2	28	15	12	66	244
貢德氏赤蛙	0	0	1	0	0	3	1	1	0	0	0	6
美洲牛蛙	0	1	0	0	0	2	6	0	0	0	0	9
澤蛙	0	5	22	16	21	18	58	5	1	3	0	149
福建大頭蛙	2	1	6	13	6	5	7	8	12	4	4	68
臺北樹蛙	1	8	0	1	1	0	1	0	0	0	5	17
褐樹蛙	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
日本樹蛙	0	4	6	11	12	1	0	0	0	2	0	36
斑腿樹蛙	0	0	43	29	20	12	1	8	2	7	1	123
總計	13	62	133	117	93	49	80	58	34	40	96	775

3. 臺中都會公園

臺中都會公園 2013 年的調查共發現 7 種蛙類，數量以斑腿樹蛙最多，佔所有蛙種總隻次的 40.6%(415/1021)，其次為中國樹蟾(20.8%，212/1021)與小雨蛙(18.1%，185/1021)(表 11)。中國樹蟾與小雨蛙的繁殖高峰期皆為 4 月，與斑腿樹蛙重疊，顯示這兩種蛙與斑腿樹蛙可能有較高的競爭機會。兩年的蛙種組成略有差異，2013 年新紀錄拉都希氏赤蛙 1 隻次，但未發現 2012 年曾紀錄 20 隻次的布氏樹蛙與 3 隻次的虎皮蛙。

比較 2012 年與 2013 年各蛙種佔所有蛙種總隻次比例，斑腿樹蛙 2012 年為 53.6%(303/565)，2013 年則下降至 40.6%；而中國樹蟾則從 2012 年的 16.8%(95/565)，2013 年上升至 20.8%，變化趨勢與挖仔尾相似。

表 11、臺中都會公園 2013 年每月調查物種與數量表。

蛙種 \ 月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
黑眶蟾蜍	1	4	35	27	26	11	8	17	5	4	11	0	149
中國樹蟾	18	27	8	95	0	1	3	13	7	12	22	6	212
小雨蛙	0	0	5	104	17	4	5	47	0	0	3	0	185
貢德氏赤蛙	0	0	6	4	16	12	5	1	3	0	0	0	47
拉都希氏赤蛙	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
澤蛙	0	0	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	12
斑腿樹蛙	9	25	70	15	28	46	7	37	89	30	43	16	415
總計	28	56	130	249	89	75	28	115	104	46	79	22	1021

(四)族群波動

2013 年 1 至 12 月於挖仔尾、碧龍宮及臺中都會公園進行每月一次的調查。其中挖仔尾 7 月、碧龍宮 8 月的調查因颱風未進行。以下針對挖仔尾、碧龍宮與臺中都會公園的結果分別進行描述。

1. 挖仔尾

在 11 個月份中以 5 月發現的斑腿樹蛙數量最多(101 隻次)，3 月數量最少(2 隻次)，平均每個月發現 151.4 ± 119.7 隻。挖仔尾地區斑腿樹蛙雄蛙和雌蛙全年出現的數量與調查當日的氣溫無顯著相關。但若將全年數量分為秋冬季(10-3 月)與春夏季(4-9 月)，發現在秋冬季時斑腿樹蛙出現的數量與調查當日的氣溫有顯著正相關($p < 0.05$, $R^2 = 0.81$)，春夏季則無。推測原因為春夏季高溫穩定，因此斑腿樹蛙族群波動較小，秋冬季氣溫變化大，溫度較高時斑腿樹蛙便會活動。在雨量部分，斑腿樹蛙雄蛙和雌蛙出現的數量與調查當日雨量(雄蛙: $p < 0.05$, $R^2 = 0.5$ 、雌蛙: $p < 0.01$, $R^2 = 0.6$)和調查前三日雨量總和(雄蛙: $p < 0.05$, $R^2 = 0.5$ 、雌蛙: $p < 0.05$, $R^2 = 0.5$)皆有顯著正相關，雨量越高斑腿樹蛙出現的數量越多(圖 13)。

2012 年與 2013 年兩年的氣候變化趨勢相同。挖仔尾的斑腿樹蛙成蛙在 2012 年與 2013 年皆全年可見，雄蛙鳴叫的月份也完全一致(4-9 月)。卵泡出現月份以 2013 年較長，有紀錄蝌蚪的月份則以 2012 年較多，但皆僅差距一個月，顯示兩年挖仔尾斑腿樹蛙的繁殖季、生活史相同(圖 14)。2012 年與 2013 年挖仔尾斑腿樹蛙繁殖季皆為 4-10 月，開始與結束時間可能分別受到氣溫與雨量影響。兩年的月均溫最冷月為 1 月($< 15^\circ\text{C}$)，接著溫度逐漸上升，皆在 4 月時開始超過 20°C ，此時繁殖季開始。月累積雨量在 4-6 月梅雨季與 7-8 月颱風季出現降雨高峰，同樣於 10 月大幅下降，此時繁殖季結束(圖 14)。

2. 碧龍宮

在 11 個月份中以 3 月發現的斑腿樹蛙數量最多(43 隻次)，1-2 月皆未發現斑腿樹蛙，7 月與 12 月也各僅發現 1 隻次。平均每個月發現 70.5 ± 35.1 隻斑腿樹蛙。碧龍宮斑腿樹蛙出現數量與調查當日的氣溫、當日雨量、調查前三日累積雨量皆無顯著相關。但若比較秋冬季(10-3 月)與春夏季(4-9 月)斑腿樹蛙出現的數量，發現在秋冬季時斑腿樹蛙出現的數量與調查當日的氣溫有顯著正相關($p < 0.01$ ， $R^2 = 0.85$)，推測原因與挖仔尾相同(圖 13)。

2013 年與 2012 年氣候變化趨勢相同。碧龍宮的斑腿樹蛙成蛙在 2012 年與 2013 年皆為 3 月以後才出現，並可持續至 11-12 月；開始鳴叫與發現卵泡的時間也是 3 月，但皆在 6、7 月時結束(圖 15)。

2012 年斑腿樹蛙繁殖季為 3-7 月，2013 年的繁殖季開始時間與 2012 年相同，但結束時間提早一個月。2012 年 4 月溫度較低(18°C)，2013 年則到達 20°C ，此時繁殖季開始。2012 年月累積雨量在 7 月大幅下降，2013 年則出現在 6 月，與兩年繁殖季結束時間相符。

3. 臺中都會公園

2013 年 9 月發現的斑腿樹蛙數量最多(89 隻次)，1 月和 7 月發現的數量最少(28 隻次)。平均每個月發現 34.6 ± 23.7 隻斑腿樹蛙。臺中都會公園斑腿樹蛙出現數量與調查當日的氣溫、當日雨量、調查前三日累積雨量皆無顯著相關。但若比較秋冬季(10-3 月)與春夏季(4-9 月)斑腿樹蛙出現的數量，則結果與挖仔尾和碧龍宮相同，秋冬季斑腿樹蛙出現的數量與調查當日的氣溫有顯著正相關($p < 0.05$ ， $R^2 = 0.77$)(圖 13)。

2013 年與 2012 年氣候變化趨勢相同。臺中都會公園的斑腿樹蛙成蛙在 2012 年與 2013 年應為全年可見，開始鳴叫的時間皆約在 3 月，但 2012 年結束鳴叫時間為 8 月，較 2013 年(6 月)長。2012 年卵泡與蝌蚪出現時間皆為 4 月，並於 7

月結束；2013 年同樣於 4 月開始發現卵泡與蝌蚪，但卵泡時間於 9 月、蝌蚪於 11 月結束，較 2012 年晚(圖 16)。

2012 年臺中都會公園斑腿樹蛙繁殖季為 48 月，2013 年則為 39 月。2012 年 4 月與 2013 年 3 月的月均溫分別為 24.6°C 與 21°C，皆為當年月均溫首度超過 20°C，為繁殖季開始。兩年的月累積雨量皆在 9 月時大幅下降，與 2013 年繁殖季結束時間相符。

綜合挖仔尾、碧龍宮與臺中都會公園結果，斑腿樹蛙全年出現數量的波動與氣溫無顯著相關。但在秋冬季時出現數量會隨著氣溫上升而增加，呈現顯著正相關，推測原因斑腿樹蛙在秋冬季氣溫較低時會減少活動或進入休眠(dormancy)，若氣溫暫時回暖則恢復活動。

2012 年與 2013 年氣候差異不大，因此這兩年的繁殖期也大致相同，約在 4-10 月。挖仔尾與臺中都會公園全年皆可見成蛙，碧龍宮則約在春初(3 月)開始才會發現成蛙。繁殖季的開始可能與氣溫有關，當月均溫超過 20°C 時，繁殖季開始，此時也因梅雨季，雨量較多，並可持續至夏季。而當月累積雨量開始大幅下降時，可能由於造成斑腿樹蛙繁殖的水域減少，此時繁殖季也進入尾聲。雖然臺中都會公園 1-3 月未發現蝌蚪，但從挖仔尾與碧龍宮的結果發現斑腿樹蛙蝌蚪會過冬。

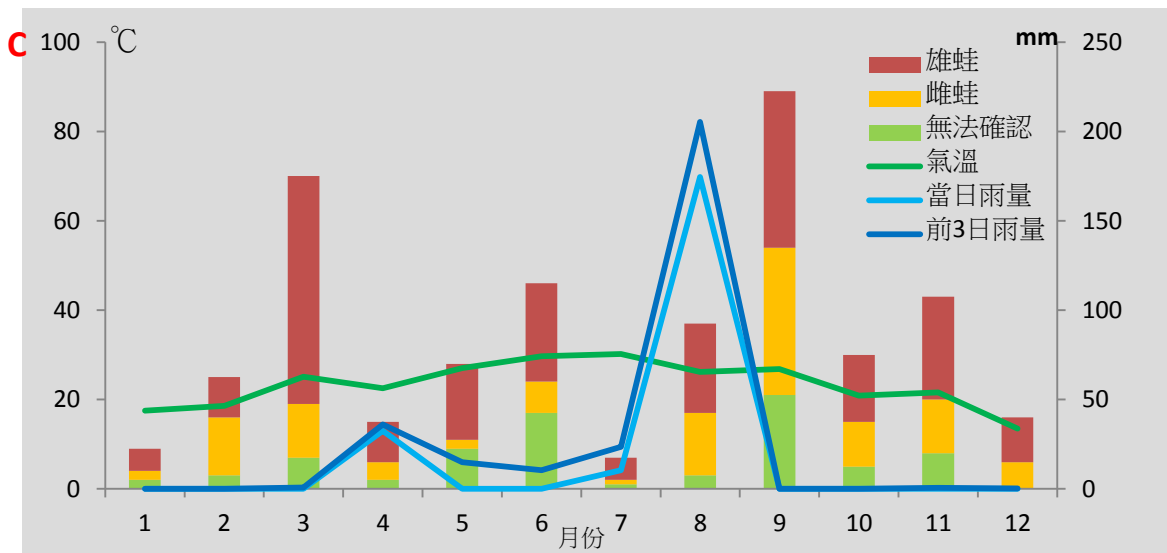
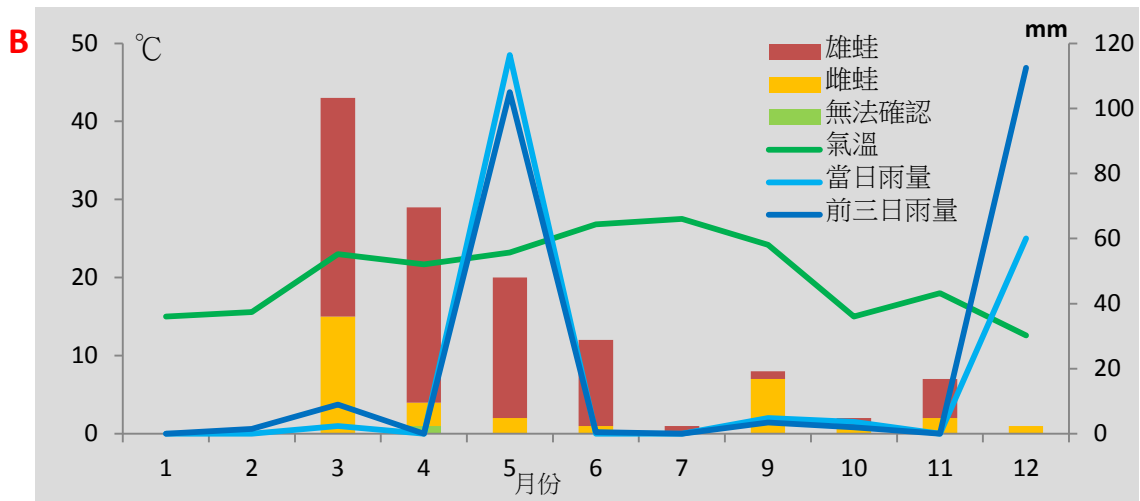
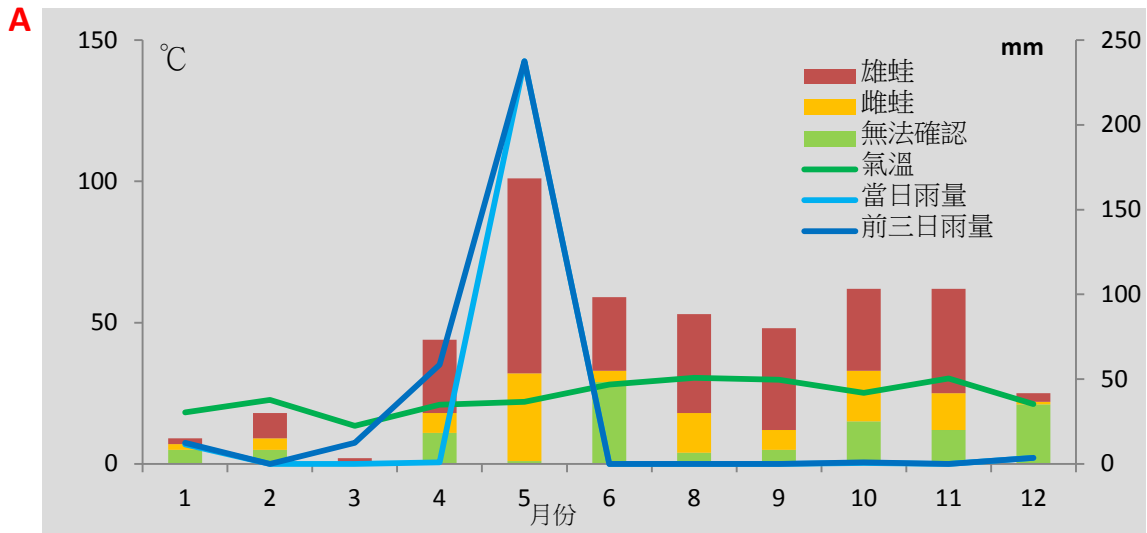


圖 13、斑腿樹蛙各月份族群波動與氣候因子關係圖(A:挖仔尾、B:碧龍宮、C: 臺中都會公園)。

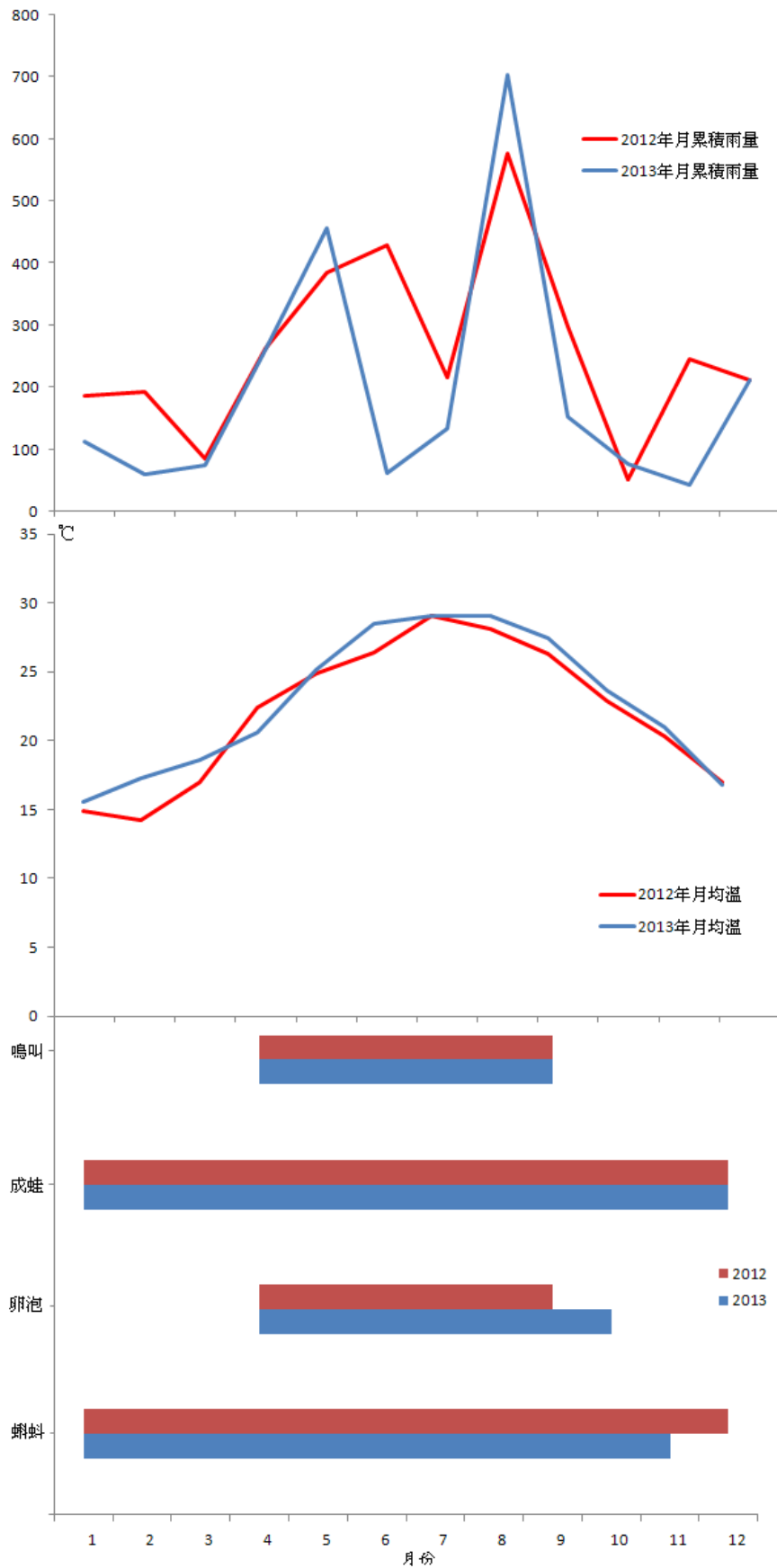


圖 14、八里挖仔尾斑腿樹蛙生活史與氣候因子關係圖。

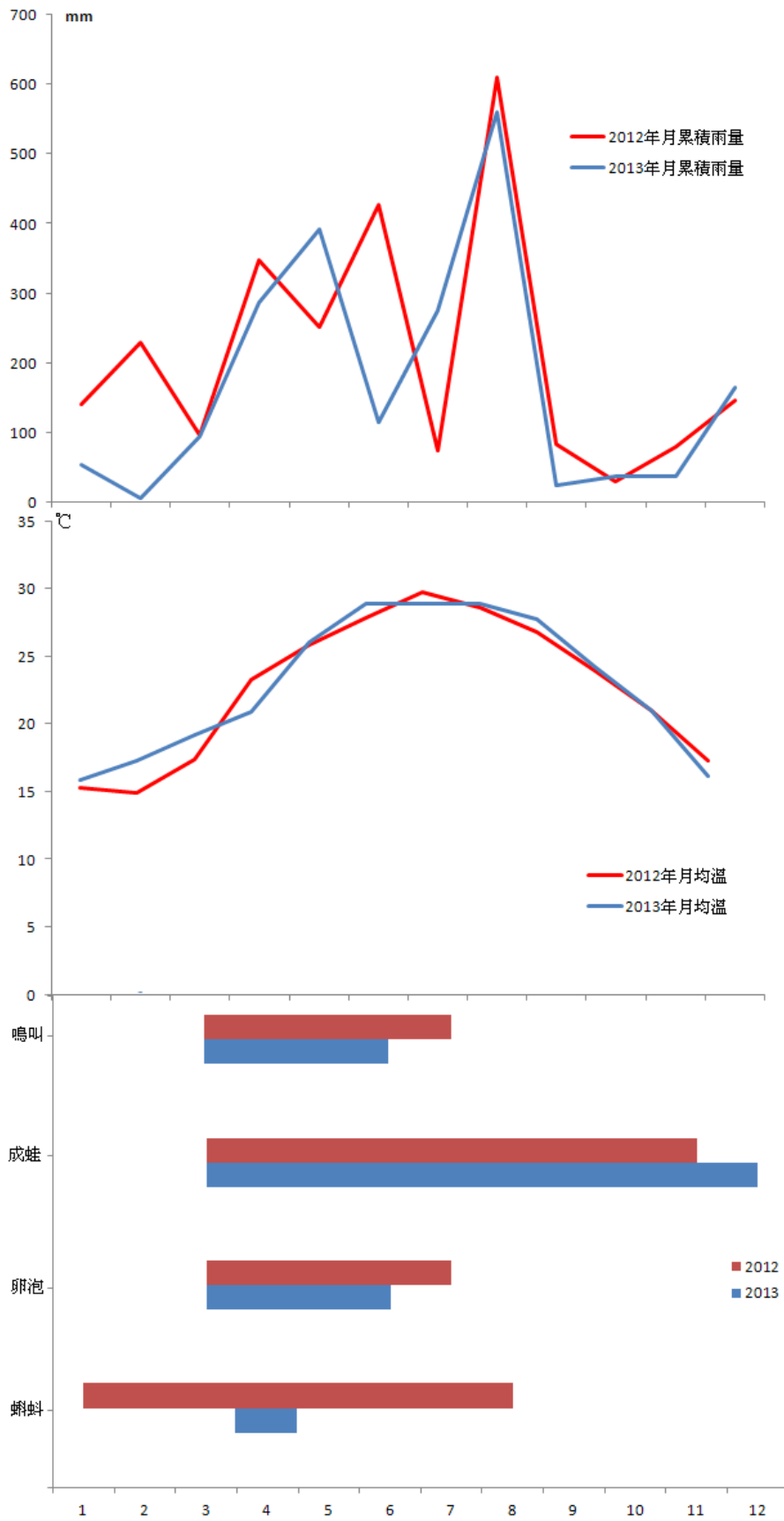


圖 15、碧龍宮地區斑腿樹蛙生活史與氣候因子關係圖。

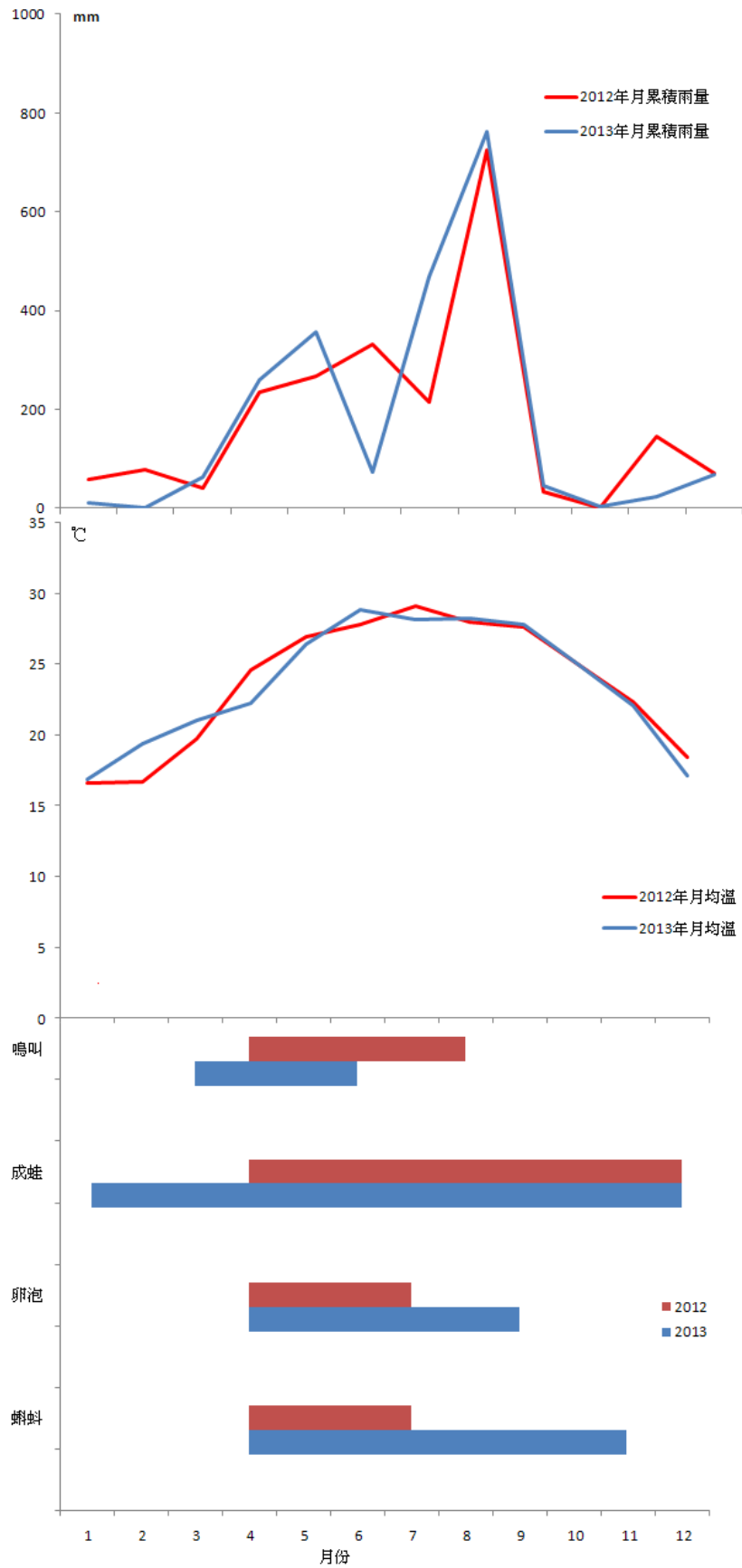


圖 16、臺中都會公園斑腿樹蛙生活史與氣候因子關係圖。

(五)棲地利用

依照不同的棲地類型，可歸納為 6 大類(水域環境: 流動水域、永久性靜止水域、暫時性靜止水域；陸域環境:樹木、草地、裸露地)。以下為八里挖子尾、鶯歌碧龍宮與臺中都會公園樣區的蛙類微棲地利用的結果。

1. 挖仔尾

比較中國樹蟾、斑腿樹蛙、小雨蛙 3 種優勢種蛙類利用棲地，發現 3 種蛙類利用 6 大類棲地類型有顯著差異 ($\chi^2=338.24$, $P=0.000$, $df=8$)。三種蛙類利用的水域環境有所不同，斑腿樹蛙主要利用永久性靜止水域(83.5%，86/103)(表 12)，中國樹蟾及小雨蛙皆是以暫時性靜止水域為主，分別為 70%(35/50)及 97.4%(111/114)。利用的陸域環境皆以樹木為主，斑腿樹蛙為 81.1(308/380)%，中國樹蟾為 69.7%(329/472)，小雨蛙為 95.9%(211/220)；但利用的樹木微棲地不同，斑腿樹蛙以竹林為主(49.7%，189/380)，中國樹蟾則為灌叢(31.6%，149/472)，小雨蛙為底層(93.3%，205/220)。在挖仔尾所有的 16 個微棲地類型中，斑腿樹蛙與中國樹蟾使用的數量皆為 13 個，顯示這兩種蛙在挖仔尾不但數量多，也分布廣泛。

不論在水域或陸域環境，斑腿樹蛙主要利用的棲地與其他優勢蛙種的重疊比例不高(圖 17)，推測彼此競爭的程度較低。但由於曾觀察到斑腿樹蛙成蛙捕食小雨蛙，後續仍需持續觀察。

表 12、挖子尾蛙類微棲地利用頻度表。

微棲地	物種	黑	中	小	長	拉	貢	澤	褐	斑	總計
		眶 蟾 蝥	國 樹 蟾	雨 蛙	腳 赤 蛙	都 希 氏 赤 蛙	德 氏 赤 蛙	蛙	樹 蛙	腿 樹 蛙	
水池岸邊			4	2	1	3	19	3		40	72
水域			6	1	5	2	28	13		30	85
岸邊植物			5				1			16	22
永久性靜止水域			15	3	6	5	48	16		86	179
水域			1	51			2	1		2	57
水邊植物			8								8
旱田		3	26	60	1		3	35		15	143
暫時性靜止水域		3	35	111	1		5	36		17	208
竹子			47							189	236
底層		85	7	205	6	7	24	55		13	402
喬木		4	126	1						50	181
灌叢			149	5	4				1	56	215
樹木		89	329	211	10	7	24	55	1	308	1034
高草			127				4			60	191
短草				9			1	1		4	15
草地			127	9			5	1		64	206
住宅		4									4
步道		4								1	5
車道		1	15				2	2		7	27
裸露地		9	15				2	2		8	36
其他		1	1								2
其他		1	1								2
總計		102	522	334	17	12	84	110	1	483	1665

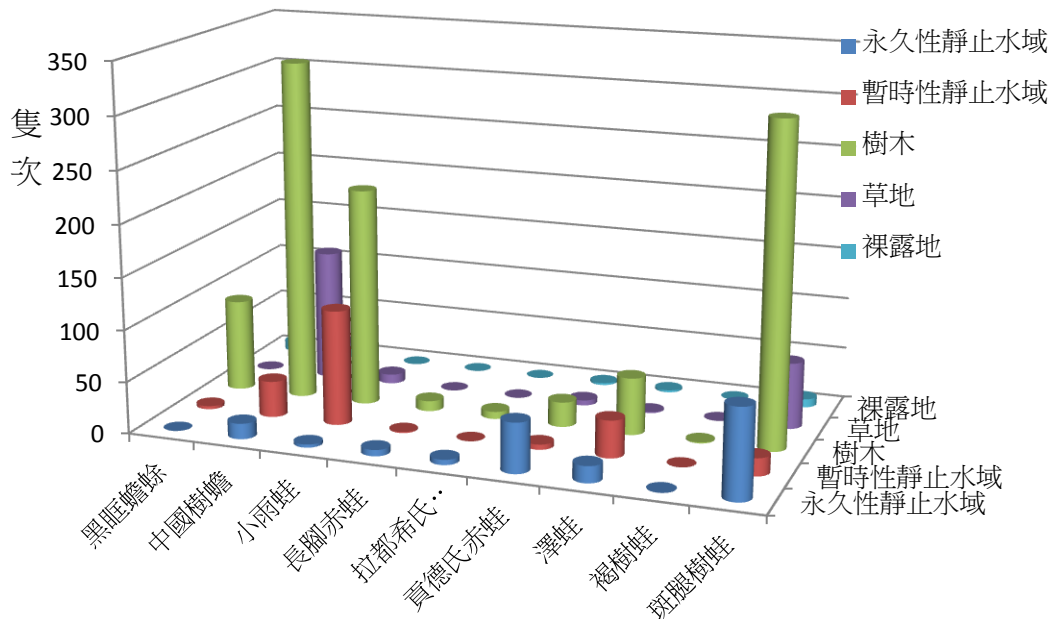


圖 17、挖子尾各種蛙類棲地利用次數。

2. 碧龍宮

比較拉都希氏赤蛙、斑腿樹蛙、澤蛙 3 種優勢種蛙類利用棲地，發現 3 種蛙類利用 6 大類棲地類型有顯著差異 ($\chi^2=447.55$, $P=0.000$, $df=10$)。但水域環境皆以暫時性靜止水域為主(拉都希氏赤蛙:59.9%, 109/182; 斑腿樹蛙:83.5%, 81/97; 澤蛙:88.9%, 112/126)。澤蛙主要利用的陸域環境為草地(52.2%, 12/23)，拉都希氏赤蛙與斑腿樹蛙則皆為樹木(拉都希氏赤蛙:79%, 49/62; 斑腿樹蛙:53.8%, 14/26)，但拉都希氏赤蛙的微棲地為底層，與斑腿樹蛙利用的竹子不同(表 13)。

碧龍宮的蛙種組成、優勢蛙種皆與挖仔尾及臺中都會公園不同，原因可能為棲地類型的差異。碧龍宮鄰近低海拔山區，環境以暫時性靜止水域、流動水域與樹木為主，永久性靜止水域較少，因此出現在暫時性靜水域的斑腿樹蛙數量較永久性靜止水域少，和挖子尾及臺中都會公園的斑腿樹蛙主要出現在永久性靜止水域有所不同。偏好利用永久性靜止水域繁殖的斑腿樹蛙占所有蛙種總隻次的比例

低於在流動水域繁殖的拉都希氏赤蛙與暫時性靜止水域繁殖的澤蛙，也低於挖子尾及臺中都會公園。

表 13、碧龍宮蛙類微棲地利用頻度表。

微棲地	物種	黑	盤	小	長	拉	貢	澤	美	福	臺	褐	日	斑	總	
		眶蟾蜍	古蟾蜍	雨蛙	腳赤蛙	都希氏赤蛙	德氏赤蛙	蛙	洲牛蛙	建大頭蛙	北樹蛙	樹蛙	本樹蛙	腿樹蛙	計	
<5m			4		1	35		1	6	33						80
流動水域			4		1	35		1	6	33						80
水池岸邊		1		1		27	5	13	1	1	3		2	3		57
水域						11				1						12
岸邊植物															13	13
永久性靜止水域		1		1		38	5	13	1	2	3		2	16	82	
水田										1						1
水域						1		3	1	1				1		7
旱田		9	21	32	18	108	1	109	1	13	11		12	80		415
暫時性靜止水域		9	21	32	18	109	1	112	2	15	11		12	81	423	
竹子														8		8
底層		1	6	6	5	49		7		13			6	5		98
灌叢											3			1		4
樹木		1	6	6	5	49		7		13	3		6	14	110	
短草		1	1			1		12					6			21
草地		1	1			1		12					6		21	
水溝邊坡			1			2						3		6		12
住宅						1				5				2		8
步道		4	3	1		9		4					10	2		33
車道			1											2		3
空地		2														2
乾溝			1													1
裸露地		6	6	1		12		4		5		3	10	12	59	
總計		18	38	40	24	244	6	149	9	68	17	3	36	123	775	

3. 臺中都會公園

比較斑腿樹蛙、中國樹蟾及小雨蛙 3 種優勢種蛙類利用棲地，3 種蛙類利用 6 大類棲地類型有顯著差異 ($\chi^2=274.28$, $P=0.000$, $df=10$)。但水域環境皆以永久性靜止水域為主(斑腿樹蛙: 90.1%, 117/129; 中國樹蟾: 64.3%, 54/84; 小雨蛙: 69.9%, 116/166)。小雨蛙主要利用的陸域環境為草地(63.2%, 12/19)，斑腿樹蛙(58.4%, 167/286)與中國樹蟾(85.9%, 110/128)則皆為樹木，微棲地也為喬木與灌叢。相較於挖仔尾與碧龍宮，臺中都會公園為遊憩景點，有許多人為設施(庭園景觀燈、橋墩、欄杆、步道等)，這些棲地在調查記錄時會視為裸露地，因此黑眶蟾蜍、斑腿樹蛙等適應人為干擾的蛙種利用此類棲地的比例會較八里挖仔尾與臺中都會公園高(表 14)。

臺中都會公園與八里挖仔尾蛙種組成接近，優勢種相同，但利用棲地類型略有差異。挖仔尾的中國樹蟾與小雨蛙利用的水域環境以暫時性靜止水域為主，與在臺中都會公園主要利用永久性靜止水域不同，推測原因為臺中都會公園雨量較少，不易形成暫時性靜止水域，因此出現在暫時性靜止水域的蛙類數量較永久性靜止水域少。臺中都會公園中國樹蟾與斑腿樹蛙不論陸域或水域棲地重疊比例高(圖 18)，且繁殖季重疊，有競爭上的可能，未來需多留意數量消長。

表 14、臺中都會公園蛙類微棲地利用頻度表。

物種 微棲地	黑 眶 蟾 蜥	中 國 樹 蟾	小 雨 蛙	貢 德 氏 赤 蛙	拉 都 希 氏 赤 蛙	澤 蛙	斑 腿 樹 蛙	總計
<5m	1						5	6
流動水域	1						5	6
水池岸邊	21	2	4	10	1	1	40	79
水域	13		47	27		2	67	156
岸邊植物	13	52	65	2		1	10	143
永久性靜止水域	47	54	116	39	1	4	117	378
水域							3	3
水邊植物	1	30	50				4	85
暫時性靜止水域	1	30	50				7	88
竹子							7	7
底層	1		1				32	34
喬木	1	94	3				94	192
灌叢	2	16		2			34	54
樹木	4	110	4	2			167	287
高草	1	1		1			2	5
短草	41	2	12	2		8	19	84
草地	42	3	12	3		8	21	89
住宅	14	2	1				10	27
步道	27	10	2	2			78	119
車道	1						1	2
空地	10	1		1			6	18
乾溝	2	2					3	7
裸露地	54	15	3	3			98	173
總計	149	212	185	47	1	12	415	1021

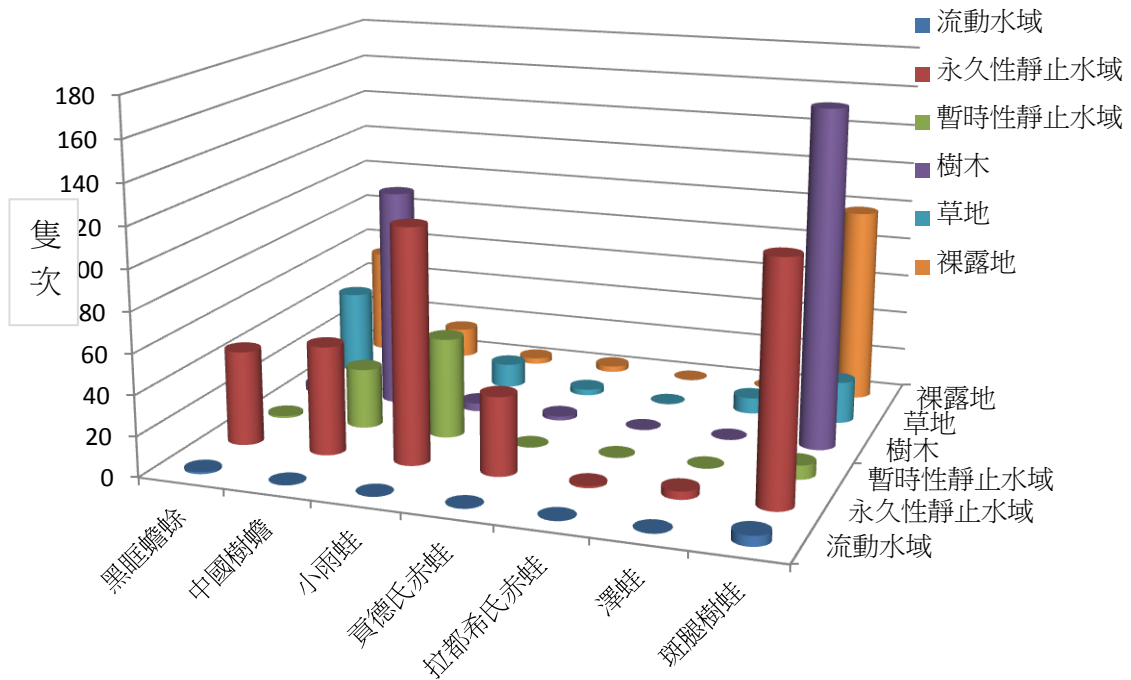


圖 18、臺中都會公園各種蛙類棲地利用次數。

進一步分析斑腿樹蛙每個月份利用的微棲地的類型，結果如下。

1. 挖仔尾

挖仔尾地區斑腿樹蛙利用棲地有季節性差異。在 4 月-9 月繁殖季，挖仔尾的蘆葦區(棲地記錄為高草)會因為降雨而有長時間的積水，此時斑腿樹蛙利用永久性靜止水域(82.4%，75/91)與高草(27%，59/214)進行繁殖(表 15)。10-11 月繁殖季結束，利用水域的比例降低，樹木的比例逐漸上升，12 月開始僅於樹木發現。挖仔尾斑腿樹蛙有季節性遷移，繁殖季時會待在水域環境，繁殖季結束後會開始遷移至樹林環境準備休眠(圖 19)。

表 15、挖子尾斑腿樹蛙各月份的微棲地利用頻度。

微棲地	月份												總計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
水池岸邊				2	8	10		12	5		3		40
水域					4	9		8	2	1	6		30
岸邊植物				1	13			1			1		16
永久性靜止水域				3	25	19		21	7	1	10		86
水域				2									2
旱田					13			1		1			15
暫時性靜止水域				2	13			1		1			17
竹子	3	15	1	17	4	7		14	12	52	43	21	189
底層	3						2	1	5	2			13
喬木	3	3	1	2	12	19		2	3	3		2	50
灌叢				2	7	8		9	17	3	8	2	56
樹木	9	18	2	21	23	36		26	37	60	51	25	308
高草				18	32	4		5			1		60
短草									4				4
草地				18	32	4		5	4		1		64
步道					1								1
車道					7								7
裸露地					8								8
總計	9	18	2	44	101	59		53	48	62	62	25	483

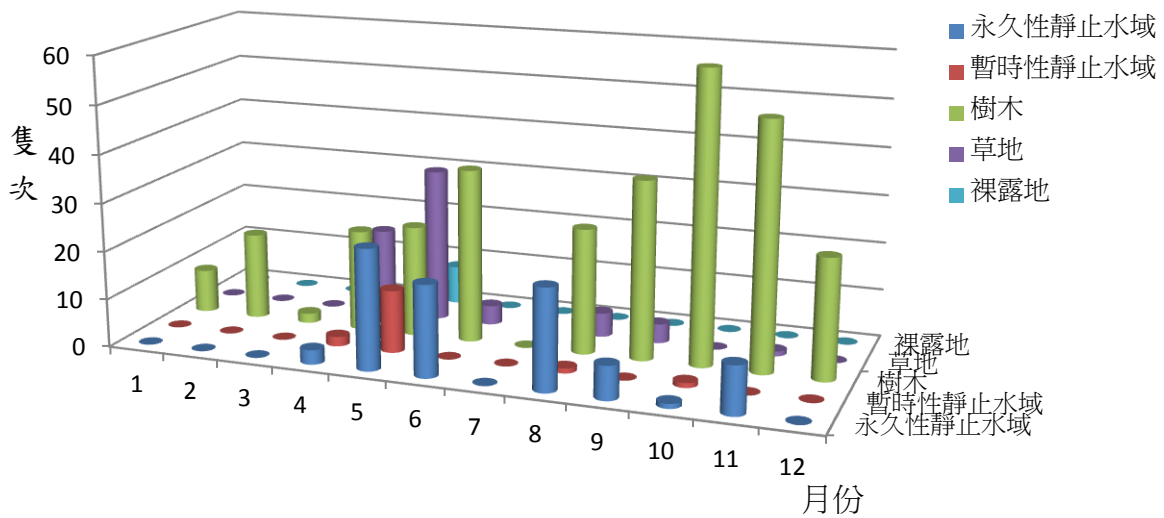


圖 19、挖子尾斑腿樹蛙 2014 年各月份棲地利用次數。

2. 碧龍宮

碧龍宮的斑腿樹蛙族群在 3-6 月繁殖季時，主要利用暫時性靜止水域(82.3%，76/92)，佔全年使用暫時性靜止水域比例的%(93.8，76/81)，9 月之後利用樹木的比例增加，11 月與 12 月僅會利用陸域環境，顯示碧龍宮與挖仔尾的斑腿樹蛙族群同樣有季節遷移的現象(表 16)。

表 16、碧龍宮斑腿樹蛙各月份的微棲地利用頻度。

微棲地	月份												總計
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12		
水池岸邊						3							3
岸邊植物			8	5									13
永久性靜止水域			8	5		3							16
水域							1						1
旱田			26	21	20	9		3	1				80
暫時性靜止水域			26	21	20	9	1	3	1				81
竹子			4	1				1		2			8
底層				1				2		2			5
灌叢								1					1
樹木			4	2				4		4			14
水溝邊坡			1						1	3	1		6
住宅			2										2
步道			1					1					2
車道			1	1									2
裸露地			5	1				1	1	3	1		12
總計			43	29	20	12	1	8	2	7	1		123

3. 臺中都會公園

臺中都會公園的斑腿樹蛙族群在3月開始進入繁殖季,3-6月為繁殖季高峰,棲地利用以永久性靜止水域為主,佔全年使用永久性靜止水域比例的59%(69/117)(表17)。6月之後繁殖季接近尾聲,至11月前棲地利用改以樹木與裸露地為主。12月至隔年繁殖季開始前這段期間,棲地僅利用樹木,顯示臺中都會公園的斑腿樹蛙同樣會進行季節遷移,繁殖季時主要利用永久性靜止水域,繁殖季結束後逐漸遷移至裸露地與樹林(圖20)。

表 17、臺中都會公園斑腿樹蛙各月份的微棲地利用頻度。

月份 微棲地	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
<5m								2			3		5
流動水域								2			3		5
水池岸邊			4		8	23				3	1		39
水域		3	34	1	15	8		1	1		4		67
岸邊											1		1
岸邊植物			1		3					6			10
永久性靜止水域		3	39	1	26	31		1	1	9	6		117
水域			3										3
水邊植物				3					1				4
暫時性靜止水域			3	3					1				7
竹子						7							7
底層	2	2	3	2			2	2	18		1		32
喬木	4	11	6	6		6	1	9	25	10	16		94
灌叢	1	3	5	1	2	1	1	4	8	2	6		34
樹木	7	16	14	9	2	14	4	15	51	12	23		167
高草			2										2
短草	1	1	5				1	2	4	1	4		19
草地	1	1	7				1	2	4	1	4		21
住宅		1						1		5	3		10
步道	1	4	4	2			2	14	31		4	16	78
車道						1							1
空地			3					2	1				6
乾溝										3			3
裸露地	1	5	7	2		1	2	17	32	8	7	16	98
總計	9	25	70	15	28	46	7	37	89	30	43	16	415

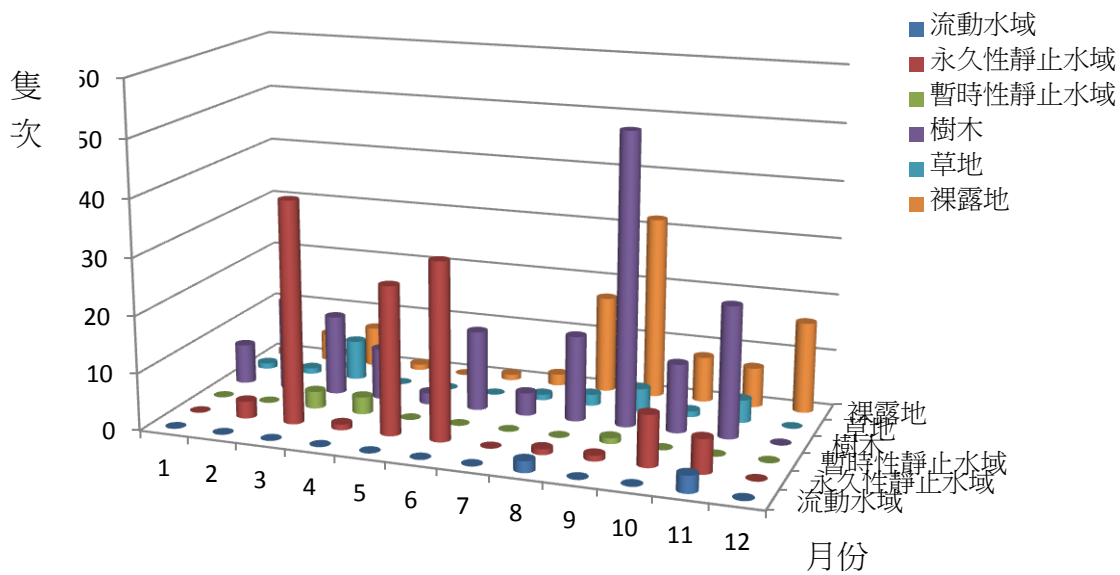


圖 13、臺中都會公園斑腿樹蛙 2014 年各月份棲地利用次數。

(六)食性分析

於 2012 年 8 月至 2013 年 7 月共採集固定斑腿樹蛙個體 362 隻 (191 雄、171 雌)；10 月所採集到的個體最多 (42)，其次為 8 月 (39) 及 11 月 (39)；1 月樣本數最少 (14)。雄蛙平均吻肛長 $45.22 \pm 5.5\text{mm}$ (27.47mm-66.31mm)、雌蛙樣本平均吻肛長 $57.61 \pm 9.26\text{mm}$ (33.47mm-84.4mm)。

362 隻斑腿樹蛙個體經解剖後共取得 1,233 個腸胃含物，其中 522 個來自雄蛙、711 個來自雌蛙。空胃個體共計 46 隻，整體空胃率為 12.71%，又雄蛙和雌蛙分別為 16.75% (32/191) 以及 8.19% (14/171)；雄蛙最高的空胃率發生在 7 月和 6 月，達 56.25% 及 37.5%，雌蛙最高空胃率則在 1 月，為 42.86% (圖 21)。

在腸胃含物數量部份，扣除空胃個體後的平均含物數為 3.90 ± 3.08 個 (雄蛙 3.28 ± 2.28 個、雌蛙 4.53 ± 3.63 個)，利用統計 t 檢定檢測後可得知性別間具顯著差異 ($P < 0.001, df = 263$)；在各月份腸胃含物數量比較上，則不論性別皆有顯著差異 (雄 $P < 0.001, df = 158$ ；雌 $P < 0.001, df = 156$) (表 18)，顯示斑腿樹蛙在各個月份間

的平均捕食數量並不相同。

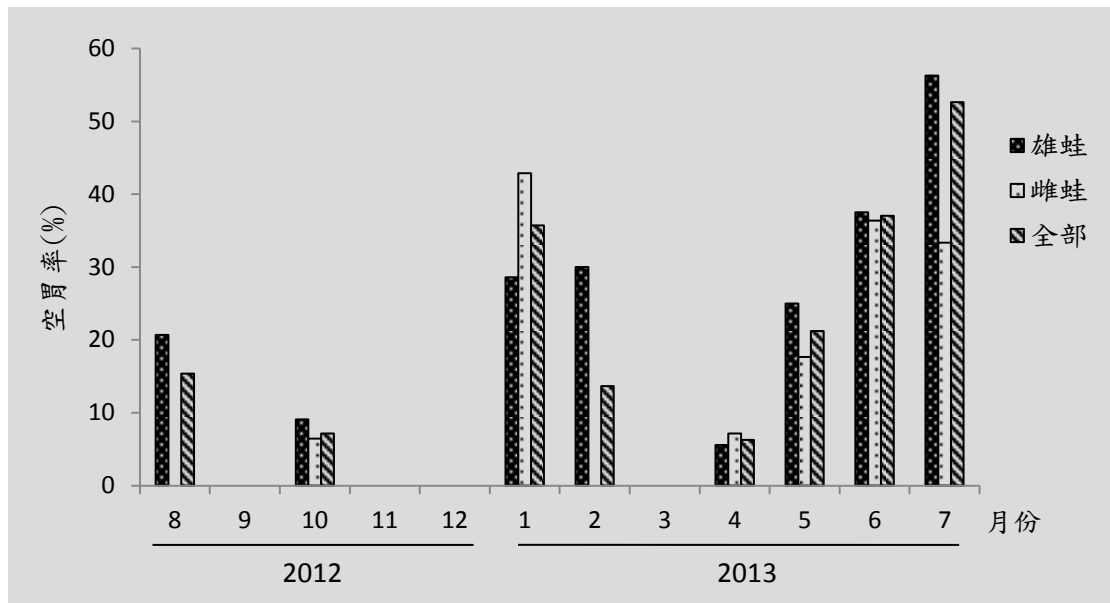


圖 21、2012 年 - 2013 年各月份斑腿樹蛙空胃率比較。

表 18、斑腿樹蛙進食個體腸胃含物數量表。

月 份	雄蛙			雌蛙			全部		
	腸胃含 物數量	n	平均數量	腸胃含 物數量	n	平均數 量	腸胃含 物數量	n	平均數 量
8	64	23	2.78	47	10	4.70	111	33	3.36
9	25	10	2.50	83	23	3.61	108	33	3.27
10	28	10	2.80	117	29	4.03	145	39	3.48
11	74	20	3.70	76	19	4.00	150	39	3.85
12	82	13	6.31	55	13	4.23	137	26	5.27
1	12	5	2.40	14	4	3.50	26	9	2.89
2	22	7	3.14	36	12	3.00	58	19	3.05
3	80	25	3.20	46	11	4.18	126	36	3.50
4	47	17	2.76	72	13	5.54	119	30	3.97
5	44	12	3.67	140	14	10.00	184	26	7.08
6	29	10	2.90	18	7	2.57	47	17	2.76
7	15	7	2.14	7	2	3.50	22	9	2.44
total	522	159	3.28	711	157	4.53	1233	316	3.90

體積部分，1,233 個腸胃含物體積為 89.71cm^3 ，平均每隻進食個體的腸胃含物體積為 0.28cm^3 ；個體平均腸胃含物體積在 5 月時最高 ($0.62\pm 0.65\text{cm}^3$)、1 月時最低 ($0.1\pm 0.09\text{cm}^3$)，各月份之間有顯著差異 ($P=0.0026, df=304$)。分開性別比較，雄蛙和雌蛙的平均腸胃含物體積分別為 $0.15\pm 0.19\text{cm}^3$ 和 $0.42\pm 0.52\text{cm}^3$ ，以統計 t 檢定檢測後具顯著差異 ($P<0.001, df=196$)；僅雌蛙的腸胃含物體積在月份間有顯著差異 ($P<0.001, df=145$)。

所有腸胃含物經鑑定後分屬 3 個動物門、8 個綱、至少 24 個目及至少 52 個科，依組成數量及分類階層整理出斑腿樹蛙腸胃含物名錄 (附錄一)。斑腿樹蛙的腸胃含物以節肢動物門 (Arthropoda) 最多，總計 1,063 個，佔總腸胃含物的 86.21%，又節肢動物門中有 86.17% 隸屬於昆蟲綱 (Insecta)，故可知昆蟲為挖仔尾地區斑腿樹蛙族群重要的食物來源。

就目階層，腸胃含物中數量百分比比較高的前五項依序為蜚蠊目 (Blattodea) 25.71%、鞘翅目 (Coleoptera) 15.57%、柄眼目 (Stylommatophora) 12.98%、鱗翅目 (Lepidoptera) 10.06% 及蜘蛛目 (Aranea) 9.25%，五項合計佔總腸胃含物數量 82.48% (圖 22)。

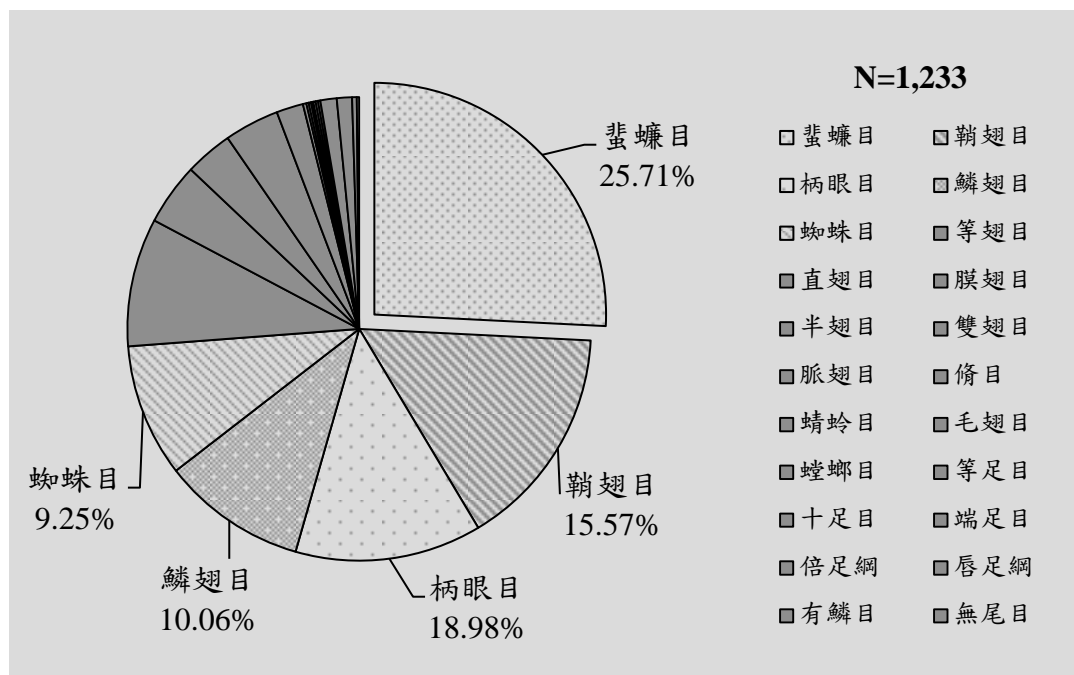


圖 22、斑腿樹蛙腸胃含物數量百分比。

出現頻率 (FO) 可表示某食物類別在動物族群內被個體取食的普遍程度，其計算方式為族群中取食某食物類別個體，佔所有進食個體之數量比例。

對各類別腸胃含物的 FO 值進行比較，其中出現頻率較高的類別依序為蜚蠊目 (52.22%)、鞘翅目 (37.97%)、柄眼目 (28.16%)、蜘蛛目 (28.16%) 及鱗翅目 (26.58%) (圖 23)。蜚蠊目在 2012 年 9 月到 2013 年 3 月皆有最高的 FO 值表現 (平均 60.75%)；鞘翅目在 2012 年 8 月以及 2013 年 6、7 月有最高的 FO 值 (平均 64.89%)；柄眼目在 2013 年 4 月有最高的 FO 值 (63.33%) (圖 24)。

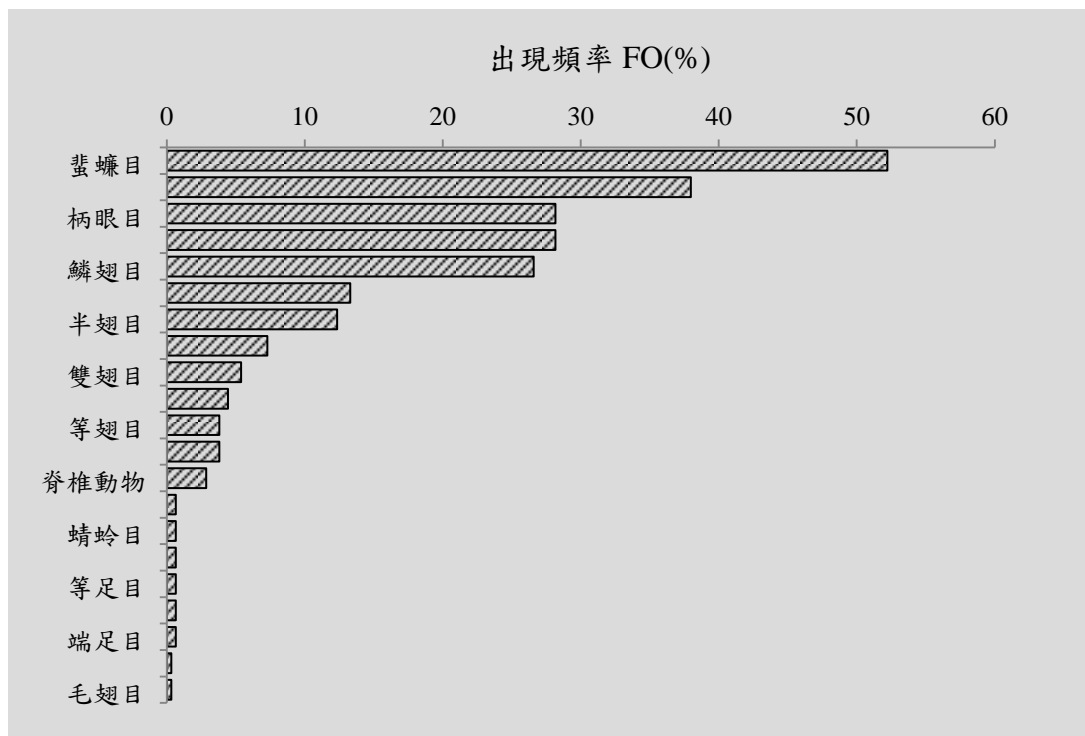


圖 14、斑腿樹蛙各類別腸胃含物出現頻率。

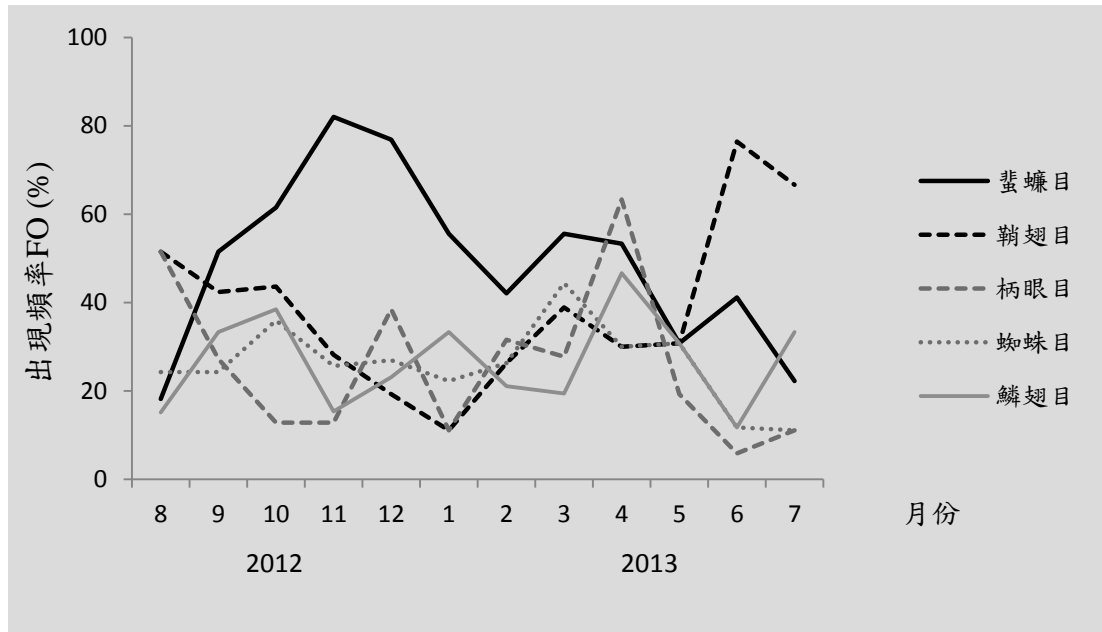


圖 15、高 FO 值腸胃含物類別之月間比較。

蜚蠊目、鞘翅目及柄眼目不論在個體數量及出現頻率皆高於其它類別腸胃含物，因此針對其組成進行進一步分析。在蜚蠊目中可鑑定出至少 3 個科別，分別為蜚蠊總科的蜚蠊科 *Blattidae*、匍蠊總科的姬蠊科 *Phyllodromiidae* 與匍蠊科 *Blaberidae*。其中隸屬於姬蠊科的 *Blattella* 屬及匍蠊科在數量上佔有相當高的比例，合計佔蜚蠊目組成的 97.15% (307/316)。匍蠊科腸胃含物可鑑定出東方水蠊 (*Opisthoplattia orientalis*) 和蘇里南潛蠊 (*Pycnoscelis surinamensis*)，皆為夜間活動的地棲性昆蟲，在挖仔尾地區的棲息環境以地面落葉層為主；前者成體體長可超過 3cm，體黑色具光澤，翅膀退化無飛行能力，具有群聚躲藏於竹筒、樹洞及人為廢棄物孔隙內之習性；後者成體體長約 2 cm，上翅灰褐色且胸板黑色，善於掘地避敵。姬蠊科 *Blattella* 屬成員在體型上相對纖細，成蟲體長約在 1cm 左右，棲息環境稍前述兩者多元，可於地面落葉層、低矮灌叢和人為廢棄物等環境發現，但仍以地面落葉層為主。

在鞘翅目部分，主要組成為金龜子科 (*Scarabaeidae*) 與叩頭蟲科 (*Elateridae*)，兩者在該目中所佔比例分別為 36.98% (72/192) 和 27.08% (52/192)。其中金龜子科內幾乎全為 *Microserica* 屬 (微絨毛金龜屬) (71/72)，這類體長約 0.9cm 的中小型植

食性金龜，多棲息於挖仔尾地區的矮灌叢中，以大花咸豐草等灌叢植物葉片為食。

柄眼目中主要組成為扁蝸牛科(Bradybaenidae)，佔該科 80.63%(129/160)。此類蝸牛殼寬約 1 至 1.5cm，在挖仔尾地區經常出現於落葉堆底層、喬木基部及農用蓄水容器周遭等潮濕環境。於斑腿樹蛙胃中發現的蝸牛個體通常相當完整，斑腿樹蛙對此類具堅硬外殼獵物的消化利用方式值得進一步研究。

此外，於 1,233 隻胃含物中共發現 10 隻脊椎動物，數量百分比及出現頻率分別為 0.81% 及 2.85%，其中包含 4 隻有鱗目(Squamata)、2 隻無尾目(Anura)以及 4 隻無法判定類別。有鱗目經鑑定後確認 3 隻為壁虎科(Gekkonidae)的鉛山壁虎(*Gekko hokouensis*)，1 隻為舊大陸鬣蜥科(Agamidae)的斯文豪氏攀蜥(*Japalura swinhonis*)亞成體；在無尾目部分則發現斑腿樹蛙幼蛙及小雨蛙(*Microhyla ornata*)成體。

在空胃率部分，大致上可看出繁殖季初期與冬季有較高的樣本空胃率，繁殖季期間雄蛙的空胃率較雌蛙為高。Hirai and Matsui (2000)在日本針對樹蟾 *Hyla japonica* 繁殖季食性所做的研究發現，雄蛙個體具有相當高的空胃率；Kovács *et al.*(2007)對棲息於羅馬尼亞的樹蟾 *Hyla arborea* 進行食性分析後發現，相較於非繁殖期，繁殖季個體通常有較高的空胃率；馬曉筠等人 (1992)針對臺灣原生蛙類所作的食性調查中發現，和斑腿樹蛙親緣相近的原生種布氏樹蛙 *Polypedates braueri* 在繁殖季裡也有空胃的情形發生。

在各性別差異部份，依照目前的數據顯示，不論雌雄斑腿樹蛙對於蜚蠊目、鞘翅目與柄眼目皆有高度的捕食率，性別差異在捕食物的組成上並未有明顯的不同，這或許代表了斑腿樹蛙之性別對於捕食物的偏好選擇並無太大的影響，這與 Silva *et al.*(2009)在巴西進行入侵種牛蛙食性分析所得的結果大致相同，但該文獻於最後討論時也提到，同批樣本採集時間與空間上的相近程度，也可能是造成性別間食物組成無明顯差異的原因。

根據初步的食性分析結果可以得知，不論是在腸胃含物數量比例及出現頻率上，蜚蠊目、鞘翅目及柄眼目皆較其它類群高，顯示入侵挖仔尾地區的斑腿樹蛙普遍地在該地區捕食上述類群動物，而其中蜚蠊目與柄眼目中有相當高的組成比例為地棲性物種，包括姬蠊科、葡蠊科與扁蝸牛科等。在進行野外斑腿樹蛙樣本採集的過程中，發現有許多個體偏好停棲於距離地面 20 至 50cm、高出地面且空曠的人工物體及植物體上，並採取頭部朝下的姿勢，推測野外斑腿樹蛙很可能便是以此方式對地棲性動物進行捕食。

在脊椎動物部份，縱使所佔比例不高，但從腸胃含物的調查中已確認斑腿樹蛙成體會以共域蜥蜴及蛙類為食。出現在斑腿樹蛙胃含物中的鉛山壁虎和斯文豪氏攀木蜥蜴是臺灣平地至低海拔山區相當常見的普遍物種，其中後者為臺灣之特有種蜥蜴。於 2012 年 11 月的挖仔尾志工移除活動中有觀察到斑腿樹蛙企圖吞食小雨蛙之記錄，在 2013 年 4 月的斑腿樹蛙腸胃含物中也有發現小雨蛙成體，可見斑腿樹蛙對於如小雨蛙等的小型原生蛙類具有捕食威脅；此外，雖然目前尚未針對斑腿樹蛙蝌蚪進行食性研究，但在 2013 年 6 月的野外調查有觀察到斑腿樹蛙蝌蚪群體攻擊並啃食體型相近的小雨蛙蝌蚪，顯示斑腿樹蛙對於共域蛙類的捕食威脅可能在蝌蚪時期便已存在。

挖仔尾地區自 2010 年確認有斑腿樹蛙棲息以來，便開始積極進行監控和移除，但其數量依舊相當龐大，推測斑腿樹蛙在該地可能已有相當穩定的族群量且持續成長，倘若如此龐大的外來種捕食壓力持續下去，將很可能對挖仔尾地區的原生種物種造成深遠影響。Choi and Beard (2012) 的研究已證實，入侵夏威夷島的波多黎各樹蛙 *Eleutherodactylus coqui* 因其高族群量和高族群密度而對當地造成嚴重的影響：大量入侵樹蛙對當地無脊椎動物的高強度捕食直接改變了該地區落葉層環境中的無脊椎動物類群，影響深遠。斑腿樹蛙目前已知於臺灣的入侵地區多為人類活動頻繁的公園、濕地及開墾地，這類環境的物種多樣性及豐度通常因環境限制或人為干擾頻繁而相對較低，也因此，如果斑腿樹蛙這樣高族群量且

高密度特性的掠食者出現，勢必會對原本便已相對脆弱的生態系統造成衝擊。

(七)控制

總計今年度於挖仔尾、碧龍宮、臺中都會公園、田尾鄉共移除了 1,085 隻斑腿樹蛙。部分移除有移除數量高於觀察數量的情況，原因為參與移除人數眾多，進行控制活動時會分成數個小隊進行，偶爾會發生志工有捕捉但忘記回報給記錄人員，導致誤差。

1. 八里挖仔尾

參與人次共 359 人次，共觀察到斑腿樹蛙 483 隻次，實際移除 446 隻(表 19)。繁殖季 4 月、5 月捕獲率(移除數量/觀察數量)較低，分別為 64%(28/44)及 65%(67/101)，原因為挖仔尾地區斑腿樹蛙繁殖季棲地利用以水域或是長草環境為主，不易捕捉。在非繁殖季的 10-12 月，斑腿樹蛙遷移至樹木環境較易捕捉，捕獲率皆可達到 90% 以上。未來建議可以於斑腿樹蛙非繁殖季時可招募志工，加強移除頻度。

2. 鶯歌碧龍宮

參與人次共 58 人次，共觀察到斑腿樹蛙 123 隻次，實際移除 93 隻(表 20)。移除數量集中於 3 月-6 月，7-11 月移除數量極少。捕獲率為 76%(93/123)，由於參與移除的人數較少，且碧龍宮地區斑腿樹蛙族群量不高，因此移除量也較低。建議未來持續進行移除，避免族群量回升。

3. 臺中都會公園

參與人次 699 人次，觀察到斑腿樹蛙 415 隻次，實際移除 442 隻(表 21)。4-6 月捕獲率較低，皆不超過 60%，但在屬於非繁殖季 1-3 月、10-12 月捕獲率則有明顯的上升，推測原因為非繁殖季時斑腿樹蛙會遷移至裸露地與樹木，較容易被

發現與捕捉。臺中都會公園的移除由於參與的志工眾多，斑腿樹蛙移除量也較高，顯示大量人力有助於斑腿樹蛙的移除。

4. 彰化田尾

田尾地區的移除地點為鴻霖園藝與田尾國小。參與人次共 69 人次，觀察到斑腿樹蛙 147 隻次的斑腿樹蛙，實際移除 103 隻(表 22)。移除數量以 1 月-5 月較多，平均移除率為 70%(103/147)。田尾地區為臺灣重要的園藝植物集散地，貿易頻繁，擴散風險高於臺灣其他斑腿樹蛙分布點，過去也發現有園藝行在苗木出貨時意外夾帶斑腿樹蛙卵泡，因此建議未來可增加移除人力，並與當地業者合作，協助管理、監測與控制，以降低斑腿樹蛙擴散的機會。

5. 臺北市立動物園

臺北市立動物園移除時間為 4 到 9 月，進行 49 次的移除，參與人數共計 651 人次，移除 1374 隻雄蛙、252 隻雌蛙、156 隻幼蛙與 113 個卵泡。動物園的移除策略與其他地點較為不同，為短時間進行密集移除，未來建議持續監測以了解控制成效。

表 19、挖子尾斑腿樹蛙移除數量與參與人數。

移除日期	觀察數量	移除數量	參與人次
1 月 12 日	9	7	58
2 月 2 日	18	12	7
3 月 2 日	2	1	47
4 月 13 日	44	28	33
5 月 11 日	101	67	18
6 月 8 日	59	51	43
8 月 10 日	53	47	72
9 月 14 日	48	38	17
10 月 12 日	62	60	22
11 月 9 日	62	113	28
12 月 14 日	25	22	14
小計	483	446	359

表 20、碧龍宮斑腿樹蛙移除數量與參與人數。

移除日期	觀察數量	移除數量	參與人次
1 月 25 日	0	0	11
2 月 20 日	0	0	6
3 月 20 日	43	38	8
4 月 23 日	29	20	9
5 月 22 日	20	14	5
6 月 19 日	12	7	1
7 月 24 日	1	1	5
9 月 25 日	8	6	5
10 月 23 日	2	2	1
11 月 20 日	7	5	4
12 月 18 日	1	0	3
小計	123	93	58

表 21、臺中都會公園斑腿樹蛙移除數量與參與人數。

移除日期	觀察數量	移除數量	參與人次
1月19日	9	9	25
2月23日	25	25	41
3月23日	70	73	68
4月27日	15	8	65
5月25日	28	3	77
6月22日	46	25	55
7月27日	7	27	47
8月24日	37	27	34
9月28日	89	124	65
10月26日	30	59	60
11月23日	43	52	100
12月28日	16	10	62
小計	415	442	699

表 22、鴻霖園藝與田尾國小斑腿樹蛙移除數量與參與人數。

移除日期	觀察數量	移除數量	參與人次
1月19日	16	14	3
2月23日	20	18	3
3月30日	44	34	4
4月30日	25	14	3
5月18日	22	12	3
6月22日	8	4	3
7月27日	9	5	3
8月31日	1	1	3
9月27日	1	0	4
10月26日	1	1	10
11月30日	0	0	19
12月21日	0	0	11
小計	147	103	69

附註:因鴻霖園藝4月開始整修不便進入移除，四月開始將移除地點改為田尾國小

(八) 移除個體處理

於挖仔尾、碧龍宮、臺中都會公園、田尾鄉移除的斑腿樹蛙個體皆會攜回東華大學兩棲類保育研究室。活體會先放入-20 度冰櫃中使其死亡，之後依用途製成浸製標本與冷凍標本。浸製標本做法為將死亡的斑腿樹蛙個體清洗乾淨後，測量其吻肛長(Snout-Vent length, SVL)、頭寬、頭長，並拍攝背部花紋、腿部花紋。將 75% 的酒精溶液注入已紀錄完成的個體，並放置於 75% 酒精溶液中保存，每隻個體皆有給予編號，寫在標籤上以棉線綁於腿部，方便後續比對。冷凍標本則將斑腿樹蛙個體依照不同採集日期與地點，分別放入寫有採集資訊的透明封口袋中，並保存於-20 度冰櫃中。後續若進行分子生物研究，要萃取 DNA 以冷凍標本較為理想。

臺北市立動物園移除的斑腿樹蛙個體由動物園自行處理，卵泡與蝌蚪提供給昆蟲館、成蛙與幼蛙則提供給兩棲爬蟲動物館，作為肉食性動物的餌料。

表 23、2013 年斑腿樹蛙製成標本個體數。

地點	處理		總計
	冷凍標本	浸置標本	
彰化田尾	65	37	102
中都	242	63	305
八里挖子尾	279	114	393
總計	586	214	800

(九) 培訓研習

為培訓志工協助控制，以及宣導外來種議題，透過結合當地政府機關與民間保育團體，辦理研習講座與夜間觀察活動的方式，讓社區民眾了解進行控制的原因與目的，宣導外來種議題，建立正確生態保育觀念，同時鼓勵社區民眾持續參與控制，協助保育。自 2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日止，配合辦理 10 次培訓研習與活動，辦理日期與單位如表 24。

表 24、2013 年培訓研習辦理日期與單位一覽表。

日期	活動名稱	辦理單位	地點	人數
03/02	工作假期一 外來種斑腿 樹蛙監測與 控制	新北市永續環境教育中 心、荒野保護協會、東 華大學兩棲類保育研究 室	新北市八里區大 崙國民小學、 挖仔尾自然保留 區	30
04/17	外來種斑腿 樹蛙調查與 移除研習	東華大學兩棲類保育研 究室、桃園鳥會	桃園縣八德市	20
07/16	外來種斑腿 樹蛙調查與 移除研習	臺北市立動物園、東華大 學兩棲類保育研究室	臺北市立動物園	25
07/25	外來種斑腿 樹蛙調查與 移除研習	臺北市立動物園、東華 大學兩棲類保育研究室	臺北市立動物園	31
08/16	外來種斑腿 樹蛙調查與 移除研習	南港久如社區發展協 會、南港社區大學、東 華大學兩棲類保育研究 室	南港九如社區	30
09/28	青蛙小學堂	臺中都會公園、荒野保 護協會、東華大學兩棲 保育研究室	臺中都會公園	62
10/25	外來種斑腿 樹蛙認識與 防治	臺北市動物保護處、東 華大學兩棲類保育研究 室、國立臺灣大學生態 演化所空間生態研究室	南港公園	25
10/30	外來種斑腿 樹蛙認識與 防治	臺北市動物保護處、東 華大學兩棲類保育研究 室、國立臺灣大學生態 演化所空間生態研究室	南港公園	25
11/23	青蛙小學堂	臺中都會公園、荒野保 護協會、東華大學兩棲 類保育研究室	臺中都會公園	100

(十)參與國際研討會與發表論文

為能夠獲得國際上外來入侵種相關新知，增加交流機會，於 2013 年 10 月 23-27 日至中國青島參與第二屆國際外來入侵種大會(International Congress on Biological Invasions ICBI)，並將斑腿樹蛙相關成果(在臺灣的分佈、利用棲地、共域蛙種、控制成效等)以壁報形式發表，題目為：*Invasive Population of Spot-legged Tree Frog(Polypedates megacephalus) in Taiwan* (附錄二)。

除了於國際研討會發表，研究成果也投稿至特有生物研究(接受日期:2014 年 1 月 6 日)，內容主要探討斑腿樹蛙的分佈現況，並搭配歷史調查資料證明斑腿樹蛙確為外來種，而非早期已存在但被誤認為布氏樹蛙。論文題目為：*臺灣地區外來種斑腿樹蛙族群分布探討*。摘要如附錄三。

六、結論與建議

相較於楊懿如等人(2013)結果，本年度研究發現斑腿樹蛙在調查方格中的佔有率、分布的縣市皆有增加，顯示斑腿樹蛙仍持續擴散中，且可能尚有許多分布點未被發現，建議未來持續運用志工與現有的通報機制進行普查，並於現有的方格系統再向外延伸，以了解斑腿樹蛙實際分布邊界與擴散速度。

可能受到今年氣候適宜的影響，除了斑腿樹蛙外，大部分的共域蛙種在方格系統佔有率也有增加，未發現共域蛙類受到斑腿樹蛙影響而族群下降的現象，但仍需持續觀察確認。

斑腿樹蛙繁殖季主要受到當地氣候條件影響，不同地區的繁殖季長短有所差異。繁殖季開始的月份主要受到氣溫影響，月均溫超過 20°C 便會開始繁殖，並可以持續至少 4 個月。繁殖季結束的月份雨量明顯降低，推測原因為降雨較少導致適合的繁殖水域變少。2012 年與 2013 年的氣候差異不大，因此兩年斑腿樹蛙的繁殖季相同。

斑腿樹蛙棲地利用有季節性差異，繁殖季時以水域環境，尤其是永久性靜止水域為主，非繁殖季時則主要利用裸露地或樹林。碧龍宮的環境以暫時性水域及流動水域為主，適合斑腿樹蛙繁殖的永久性靜止水域較少，因此蛙種組成與挖仔尾及臺中都會公園明顯不同，斑腿樹蛙族群量也較低。

2013 年挖仔尾與臺中都會公園的斑腿樹蛙出現比例明顯低於 2012 年，顯示每個月的移除具有成效，而碧龍宮因族群量較低，移除成效較不明顯，但族群量受到控制。未來建議可在 9-12 月斑腿樹蛙非繁殖季節，出現在裸露地及樹木較容易觀察時期，加強移除；在斑腿樹蛙繁殖季時，躲藏較不易觀察時期，以減少永久性靜止水域及增加流動水域等棲地改善的方式進行控制。

彰化田尾地區的斑腿樹蛙擴散最快，並可能藉著苗木往外地擴散，建議未來加強人力移除，並針對當地園藝業者進行宣導，以降低斑腿樹蛙擴散的風險。

七、參考文獻

- 呂光洋、陳添喜、高善、孫承矩、朱哲民、蔡添順、何一先、鄭振寬。1996。臺灣野生動物調查—兩棲動物資源調查手冊。行政院農業委員會。
- 侯平君、杜銘章、蕭之維、韋昕林。2006。入侵亞洲錦蛙與沙氏變色蜥之族群分布調查期末報告。行政院農業委員會林務局。
- 侯平君、陳清旗、陳麗文。2010。外來入侵種族群控制與監測計畫—亞洲錦蛙期末報告。行政院農業委員會林務局。
- 侯平君、陳清旗、陳麗文。2011。外來入侵種族群控制與監測計畫—亞洲錦蛙期末報告。行政院農業委員會林務局。
- 范孟雯、林瑞興、方偉。2007。他山之石可以攻錯—各國對進口外來種陸域脊椎動物的管理方式。臺灣林業期刊 33(2)。
- 馬曉筠、呂光洋、黃薇菁、王定中。1992。十五種臺灣產蛙類的食性調查。師大生物學報 27:45-53。
- 馮湘婷、陳清旗、侯平君、張原謀。2012。不同族群外來種亞洲錦蛙(*Kaloula pulchra*)成體溫度耐受性之比較。環境與生態學報 5(1): 17-28。
- 楊懿如、向高世、李鵬翔、李承恩。2005。臺灣兩棲動物野外調查手冊。行政院農業委員會林務局。
- 楊懿如、陳建志、龔文斌、陳立瑜、李承恩。2013。外來種斑腿樹蛙控制與監測計畫。行政院農業委員會林務局。
- Adams, M. J., C. A. Pearl, S. Galvan, B. McCreary. 2011. Non-native species impacts on pond occupancy by an anura. *Journal of wildlife Management* 75(1):30-35.
- Bailey, L. L., T. R. Simons, and K. H. Pollock. 2004. Estimating site occupancy and species detection probability parameters for terrestrial salamanders. *Ecological Applications* 14: 692-702.

- Bailey, L. L. and J. D. Nichols. 2010 Capture-mark-recapture, removal sampling, and occupancy models. 447-463. In: C. K. Dodd, JR(ed.). Amphibian ecology and conservation. Oxford university press, New York, USA.
- Beard, K. H. 2007. Diet of the Invasive Frog, *Eleutherodactylus coqui*, in Hawaii. Copeia 2:281-291.
- Bomford, M. 2003. Risk assessment for the import and keeping of exotic vertebrates in Australia. Bureau of Rural Sciences, Canberra, Australia.
- Carlton, J. T. and G. M. Ruiz. 2005. Vector science and integrated vector management in bioinvasion ecology: conceptual frameworks. Invasive alien species: a new synthesis. 58.
- Choi, R. T. and K. H. Beard. 2012. Coqui frog invasions change invertebrate communities in Hawaii. Biological Invasions 14:939–948.
- 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.
- Davis, M.A. 2009. Invasion Biology. Oxford University Press. Oxford, UK.
- de Poorter M, M. Browne, S. Lowe, and M. Clout 2005. The ISSG global invasive species database and other aspects of an early warning system. Invasive alien species: a new synthesis. 59-83. Island Press, Washington, DC.
- Dodd, C. K. 2010. Amphibian Ecology and Conservation. 167-180. In: Solé, M and D. Rö dder. Dietary assessment of adult amphibians. Oxford university press, New York, USA.
- Duellman W. E and L. Trueb. 1994. Biology of Amphibians. The John Hopkins Press, Baltimore, USA.
- Fowler A. J. 2007. Failure of the Lacey Act to protect US ecosystem against animal

- invasions. *Frontiers in ecology and the environment* 5:353-359.
- Giaretta, A. A., M. S. Araujo, H. F. Medeiros and K. G. Facure. 1998. food habits and ontogenetic diet shifts of the litter dwelling frog *Proceratophrys sboiei*. *Revista Brasileira de Zoologia* 15 (2): 385-388.
- Gu, W. and R. K. Swihart. 2004. Absent or undetected? Effects of non-detection of species occurrence on wildlife habitat models. *Biological Conservation* 116:195-203.
- Hayes, K. R. and S. C. Barry 2008. Are there any consistent predictors of invasion success? *Biological Invasions* 10: 483-506.
- Hirai, T. and M. Matsui. 2000. Feeding Habits of the Japanese Tree Frog, *Hyla japonica*, in the Reproductive Season. *Zoological science* 17: 977-982.
- Hyslop E.J. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 411-429.
- Kolar, C. S. and Lodge D. M. 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders. *TRENDS in Ecology & Evolution* 16(4).
- Kovács, É. H., I. Sas, S.D. Covaciu-Marcov, T. Hartel, D. Cupsa and M. Groza. 2007. Seasonal variation in the diet of a population of *Hyla arborea* from Romania. *Koninklijke Brill NV, Leiden, Amphibia-Reptilia* 28: 485-491.
- Krebs C.J. 1999. *Ecological Methodology*, 2nd ed. Benjamin/Cummings imprint, Menlo Park, California, USA.
- Lever, C. 2003. *Naturalized reptiles and amphibians of the world*. Oxford University, New York.
- Lodge, D. M. 1993. Biological invasions-lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 8(4): 133-137.
- Mackenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L., and

- Hines, J. E. 2006. Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Academic Press, Boston, MA.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, G. B. Lachman, S. Droege, J. A. Royle, and C.A. Langtimm. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83: 2248–2255.
- McNeely, J.A. 2005. Human dimensions of alien invasive species. *Invasive alien species: a new synthesis*. 285-309.
- Muths, E. , A. L. Gallant, E. H. C. Grant, W. A. Battaglin, D. E. Green, J. S. Staiger, S.C. Walls, M. S. Gunzburger, and R. F. Kearney. 2006. The Amphibian research and monitoring initiative (armi): 5-year report. u.s. Geological Survey Scientific Investigations Report 5224: 77.
- Peterson, A. C. ,K. L. D. Richgels, P. T. J. Johnson and V.J.Mckenzie. 2013. Investigating the dispersal routes used by an invasive amphibian, *Lithobates catesbeianus*, in human-dominated landscapes. *Biological Invasions* 15:2179-2191.
- Quiroga, L.B., E. A. Sanabria and J. C. Acosta. 2009. Size- and Sex-Dependent Variation in Diet of *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) in a Wetland of San Juan, Argentina. *Journal of Herpetology* 43(2): 311-317.
- Rejmanek, M. and D. M. Richardson. 1996. What attributes make some plants species more invasive? *Ecology* 77(6): 1655-1661.
- Rodrigues, D.J., M. Uetanabaro and C.P.A. Prado. 2004. Seasonal and ontogenetic variation in diet composition of *Leptodactylus podicipinus* (Anura, Leptodactylidae) in the southern Pantanal, Brazil. *Revista española de Herpetología* 18: 19-28.
- Seddon, P. J. , Roughton, C. M. , J. Reardon and D. I. MacKenzie. 2011. Dynamics of an endangered new zealand skink: accounting for incomplete detectability in

- estimating patch occupancy. *New Zealand Ecological Society* 35(3): 247-253.
- Silva, E.T., E.P. Reis, R. N. Feio¹ and O. P. R. Filho. 2009. Diet of the invasive frog *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (anura: ranidae) in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. *South American Journal of Herpetology* 4(3): 286-294.
- Stauffer, H. B., C. J., Ralph and S. L., Muller. 2004. Ranking habitat for marbled murrelet: a new conservation approach for species with uncertain detection. *Ecological Applications* 14: 1374-1383.
- Strayer, D. L. 2005. Invasion success of vertebrates in Europe and North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 120(20).
- Toft, C.A. 1981. Feeding ecology of Panamanian litter anurans patterns in diet and foraging mode. *Journal of Herpetology* 15(2): 139-44.
- Valderrama-Vernaza, M., M. P. R. REZ-Pinilla and V. H. Serrano-Cardozo. 2009. Diet of the Andean Frog *Ranitomeya virolinensis* (Athesphatanura: Dendrobatidae). *Journal of Herpetology* 43(1): 114-123.
- Walls, S. C. , J. H. Waddle, R. M. Dorazio. 2011. Estimating occupancy dynamics in an anuran assemblage from Louisiana, USA. *Journal of Wildlife Management* 75(4):751-761.
- Weller, T. J. 2008. Using occupancy estimation to assess the effectiveness of a regional multiple-species conservation plan: bats in the Pacific northwest. *Biological Conservation* 141: 2279-2289.
- Westbrooks, R., J. Maden, and R. Brown. 2006. Detection and reporting of cactus moth in the United States. Mississippi State University, Starkville, MS.
- Williamson, M. 1996. *Biological Invasions*. Chapman & Hall.
- Wittenberg, R. and Matthew J.W. Cock. 2005. *Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices*.
- Wu, Z., Y. Li, Y. Wang and M. J. Adams. 2005. Diet of Introduced Bullfrogs

(*Rana catesbeiana*): Predation on and Diet Overlap with Native Frogs on
Daishan Island, China. *Journal of Herpetology* 34(4): 668-674.

附錄一、2012年8月–2013年7月 斑腿樹蛙腸胃含物名錄統計

捕食物類群	雄蛙		雌蛙		全部	
	捕食 隻數	佔總比例 (%)	捕食 隻數	佔總比 例(%)	捕食隻 數	佔總比 例(%)
節肢動物門						
昆蟲綱 Insecta						
蜚蠊目	170	32.57	147	20.68	317	25.71
姬蠊科	150	28.74	110	15.47	260	21.09
匍蠊科 (東方水蠊)	4	0.77	22	3.09	26	2.11
匍蠊科 (蘇里南潛蠊)	5	0.96	7	0.98	12	0.97
匍蠊科 (未確)	6	1.15	4	0.56	10	0.81
蜚蠊科 (澳洲蜚蠊)	2	0.38	1	0.14	3	0.24
其他未知	3	0.57	3	0.42	6	0.49
鞘翅目	80	15.33	112	15.75	192	15.57
金龜子科 (絨毛金龜族)	32	6.13	39	5.49	71	5.76
金龜子科 (青銅金龜)	0	0.00	1	0.14	1	0.08
叩頭蟲科	23	4.41	29	4.08	52	4.22
擬步行蟲科	3	0.57	12	1.69	15	1.22
象鼻蟲科	1	0.19	6	0.84	7	0.57
天牛科	8	1.53	7	0.98	15	1.22
金花蟲科	2	0.38	5	0.70	7	0.57
隱翅蟲科	0	0.00	2	0.28	2	0.16
龍蝨牙蟲類	2	0.38	0	0.00	2	0.16
小蠹蟲科	1	0.19	0	0.00	1	0.08
其他未知	8	1.53	9	1.27	17	1.38
幼蟲	0	0.00	2	0.28	2	0.16
鱗翅目	56	10.73	68	9.56	124	10.06
蝶蛾成蟲	21	4.02	30	4.22	51	4.14
幼蟲	35	6.70	38	5.34	73	5.92
等翅目	17	3.26	93	13.08	110	8.92
白蟻科 (臺灣白蟻 繁殖蟻)	17	3.26	93	13.08	110	8.92
直翅目	12	2.30	41	5.77	53	4.30
螽斯科	1	0.19	9	1.27	10	0.81
蟋蟀科	5	0.96	14	1.97	19	1.54

蟋蟀科 (臺灣大蟋蟀)	1	0.19	16	2.25	17	1.38
螻蛄科	1	0.19	0	0.00	1	0.08
蝗科	2	0.38	2	0.28	4	0.32
其他未知	2	0.38	0	0.00	2	0.16
半翅目	15	2.87	32	4.50	47	3.81
椿科	2	0.38	17	2.39	19	1.54
獵椿科	9	1.72	8	1.13	17	1.38
土椿科	0	0.00	2	0.28	2	0.16
仰泳椿	2	0.38	0	0.00	2	0.16
葉蟬飛蟲類	1	0.19	5	0.70	6	0.49
其他未知	1	0.19	0	0.00	1	0.08
膜翅目	16	3.07	25	3.52	41	3.33
蟻科	9	1.72	20	2.81	29	2.35
蟻科 (細顎蟻)	4	0.77	2	0.28	6	0.49
其他未知	3	0.57	3	0.42	6	0.49
雙翅目	13	2.49	10	1.41	23	1.87
蠅類成蟲	5	0.96	5	0.70	10	0.81
蠅類幼蟲	1	0.19	0	0.00	1	0.08
蚊蚋類	7	1.34	5	0.70	12	0.97
脈翅目	0	0	3	0.42	3	0.24
絞蛉幼蟲 (蟻獅)	0	0.00	3	0.42	3	0.24
脩目	0	0	2	0.28	2	0.16
竹節蟲	0	0.00	2	0.28	2	0.16
蜻蛉目	1	0.19	1	0.14	2	0.16
蜻蛉成蟲	1	0.19	1	0.14	2	0.16
毛翅目	0	0.00	1	0.14	1	0.08
石蠹蛾	0	0.00	1	0.14	1	0.08
螳螂目	1	0.19	0	0	1	0.08
螳螂	1	0.19	0	0.00	1	0.08
蛛形綱 Arachnida						
蜘蛛目	64	12.26	50	7.03	114	9.25
狼蛛科	39	7.47	29	4.08	68	5.52
蠅虎科	5	0.96	2	0.28	7	0.57
長腳蛛科 (銀腹蛛)	3	0.57	9	1.27	12	0.97
金蛛科 (鬼蛛)	1	0.19	1	0.14	2	0.16

金蛛科 (棘蛛)	3	0.57	2	0.28	5	0.41
姬蛛科 (蚓腹蛛)	0	0.00	1	0.14	1	0.08
蟹蛛科 (花蛛)	1	0.19	0	0.00	1	0.08
其他未知	12	2.30	6	0.84	18	1.46
倍足綱 Diplopoda	5	0.96	9	1.27	14	1.14
馬陸	5	0.96	9	1.27	14	1.14
唇足綱 Chilopoda	7	1.34	6	0.84	13	1.05
蜈蚣類	7	1.34	5	0.70	12	0.97
蚰蜒類	0	0.00	1	0.14	1	0.08
軟甲綱 Malacostraca	4	0.77	2	0.28	6	0.49
等足目 (鼠婦)	1	0.19	1	0.14	2	0.16
十足目 (蟹)	1	0.19	1	0.14	2	0.16
端足目 (鈎蝦)	2	0.38	0	0.00	2	0.16
軟體動物門						
腹足綱 Gastropod	61	11.69	99	13.92	160	12.98
柄眼目 (扁蝸牛科)	45	8.62	84	11.81	129	10.46
柄眼目 (其他微小螺類)	16	3.07	15	2.11	31	2.51
脊索動物門						
爬行綱 Reptilia						
有鱗目	0	0	4	0.56	4	0.32
壁虎科 (鉛山壁虎)	0	0.00	3	0.42	3	0.24
舊大陸鬣蜥科 (斯文豪氏攀蜥)	0	0.00	1	0.14	1	0.08
兩棲綱 Amphibia						
無尾目	0	0	2	0.28	2	0.16
樹蛙科 (斑腿樹蛙)	0	0.00	1	0.14	1	0.08
狹口蛙科 (小雨蛙)	0	0.00	1	0.14	1	0.08
脊椎動物 (無法鑑定)	0	0.00	4	0.56	4	0.32
total	522	100	711	100	1,233	100

Invasive Population of Spot-legged Tree Frog (*Polypedates megacephalus*) in Taiwan



Yi-Ju Yang, Wun-Bin Gong, Chien-Chin Chen

Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University, Taiwan, R.O.C.

Introduction

Spot-legged tree frog (*Polypedates megacephalus*) (Fig.1) is native in Hong Kong, southern China, northern India, and northeastern Vietnam. It was first found in Taiwan in 2006. Its morphology and ecological niche are similar to Taiwan native species *P. braueri* (Fig.1). Breeding seasons of *P. megacephalus* are mainly from March to September, but the tadpoles can be found year round. They inhabit in cultivated land under the elevation of 500 meters, preferring breeding in man-made permanent water areas (Fig.2), such as agricultural ditches, reservoirs and buckets. Males usually call on vegetation or along the banks of water. About 300-700 eggs are deposited in a yellowish foamy mass, attached to vegetation or banks near the water (Fig.2). This breeding behavior may facilitate its dispersal and establishment in human-dominated landscapes. It is important to realize its impact on Taiwan local amphibian populations.



Fig.1 The morphological difference between *Polypedates megacephalus* and *P. braueri*.
 (a) Dorsal pattern of most *P. braueri* is stripe.
 (a1) Color pattern of thighs of *P. braueri* is black lines based on white bottom.
 (b) Dorsal pattern of most *P. megacephalus* is like "X".
 (b1) Color pattern of thighs of *P. megacephalus* is white spots based on black bottom.



Fig.2 The breeding habitats of *Polypedates megacephalus* in Taiwan.

Methods

P. megacephalus' natural history and distribution in Taiwan were studied with the amphibian volunteers' investigative data (Fig.3), public reports (Fig.4) and grid system surveys during 2011-2012. In 2012, we set 277 1km² grids around *P. megacephalus*' distribution areas to do surveys (Fig.5), and each grid had been surveyed at least twice. We used PRESENCE software and occupancy model to estimate the detection probability and occupancy probability of *P. megacephalus*.

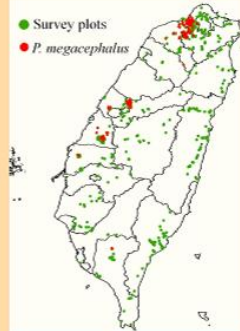


Fig.3 The survey plots of amphibian conservation volunteers (the green dots) and the distribution of *Polypedates megacephalus* (the red dots).



Fig.4 Setting up Taiwan Amphibians Database (<http://tad.froghome.org>) and Volunteers of Taiwan Amphibian Conservation Society at FB for data reporting and communication.

Results

The distribution of *P. megacephalus* is shown in Fig.3. The detection probability and occupancy probability of *P. megacephalus* were higher than 0.4 at most areas (Table 1). As for the percentage of *P. megacephalus* among the total frog numbers, it showed 69% (785/1132) at Waziwei vegetable gardens, and 53.6% (303/565) at Taichung Metropolitan Park (Fig.6); it is the dominant species at these two human-modified habitats. It indicated that *P. megacephalus* is commonly distributed and easy to be detected in its distribution places.

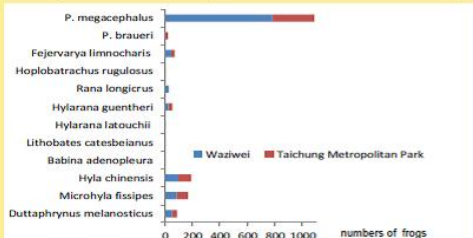


Fig.6 The numbers of frogs observed at Waziwei and Taichung Metropolitan Park in 2012.

We observed one adult *P. megacephalus* catching a native sympatric frog *Microhyla fissipes* (Fig.7), and their tadpoles feeding on tadpoles of *M. fissipes* (Fig.8). Our results show that *P. megacephalus* is an invasive species, and it will threaten native biodiversity and local amphibian populations of Taiwan. We will keep training volunteers to do controlling and monitoring to reduce its population size and avoid further spreading (Fig.9).



Fig.7 One *Polypedates megacephalus* adult fed a *Microhyla fissipes*.



Fig.8 Tadpoles of *P. megacephalus* fed a *M. fissipes* tadpole.



Fig.9 Train volunteers to do controlling and monitoring.



Fig.5 The investigation grid systems. From north to south, it goes from upper left, upper right, lower left to lower right.

Table 1. Estimate of proportion of sites occupied by *Polypedates megacephalus* in grid systems.

Ψ : estimate of the proportion of site occupied
 P: detection probability

Name of grid systems	Grid numbers	Ψ	SE	P
Guanyinshan	48	0.5602	0.0497	0.9335
Linkou	41	0.5476	0.0835	0.6544
New Taipei City	51	0.4824	0.0621	0.5716
Taoyuan	27	0.6058	0.1939	0.4211
Xinshe	35	0.6178	0.0861	0.5937
Dadu Mountain	9	0.4788	0.1207	0.725
Tianwei	48	0.2525	0.0551	0.6
Yunlin	18	0.0333	0.0328	1

Acknowledgements

Many thanks for the subsidies from Forestry Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan 100林發-07.1-保-26 (6), 101林發-07.1-保-33(3), 102林發-07.1-保-17(2).

臺灣地區外來種斑腿樹蛙族群分布探討

Distribution of *Polypedates megacephalus* in Taiwan

楊懿如¹ 龔文斌

Yi-Ju Yang¹, Wun-Bin Gong

¹ 國立東華大學自然資源與環境學系 花蓮縣壽豐鄉大學路二段一號
Department of Natural Resources and Environmental Studies, National
Dong-Hwa University. No. 1, Sec. 2, Da Hsueh Rd., Shoufeng, Hualien
97401, Taiwan, R.O.C.

*通訊作者

摘要

斑腿樹蛙為 2006 年於臺中梧棲與彰化田尾發現，外型特徵與原生的布氏樹蛙相似。2012 年藉由兩棲保育志工普查、一般民眾通報與方格系統調查，了解斑腿樹蛙在臺灣的分布現況。使用 2006-2012 年斑腿樹蛙的分布點與 1982-1990 年布氏樹蛙歷史調查資料進行方格疊合比較，以排除斑腿樹蛙為原生種，但早期誤認為布氏樹蛙的可能性。結果顯示斑腿樹蛙分布於臺北市、新北市、桃園縣、臺中市、彰化縣、雲林縣與屏東縣，在其分布地區具有族群量高、分布廣泛的特性，且多為當地的優勢物種。在布氏樹蛙歷史分布的 1,099 個方格中，無任何方格與斑腿樹蛙分布的方格重疊，而在斑腿樹蛙分布的 87 個方格中，有 40.2% 是 1982-1990 年曾有調查，但未發現布氏樹蛙。顯示斑腿樹蛙是分布型態與布氏樹蛙完全不同的外來種。並藉由兩棲保育志工團隊長期監測資料與定點訪談，也確認十八份坑溪、新莊水源地、稻香生態農園、梧棲、石岡、臺中都會公園的族群皆為近期引入。斑腿樹蛙具有高適應力與繁殖力，在入侵臺灣後至今仍持續擴散，未來除了在已確認的分布區進行控制外，藉由志工或一般民眾協助進行通報與監測更為重要，以便能及早進行相關保育措施，降低控制成本。

謝致

感謝兩棲類保育志工協助野外調查，農委會林務局經費補助，計畫編號 100 林發-07.1-保-26(6)、101 林發-07.1-保-33(3)

附錄四、移除活動與培訓研習照片



圖說：11月八里挖仔尾移除活動



圖說：12月台中都會公園移除活動



圖說：3月於挖仔尾辦理工作假期



圖說：11月於都會公園辦理青蛙學堂



圖說：4月於台中都會公園夜間移除



圖說：斑腿樹蛙利用樹木(竹林)棲地



圖說：斑腿樹蛙與中國樹蟾共棲於樹洞



圖說：利用撈網撈除水域內蝌蚪



圖說：水桶陷阱內的斑腿樹蛙卵泡



圖說：斑腿樹蛙蝌蚪捕食小雨蛙蝌蚪



圖說：繁殖季末躲藏於欄杆的斑腿樹蛙



圖說：永久靜水域內的斑腿樹蛙蝌蚪



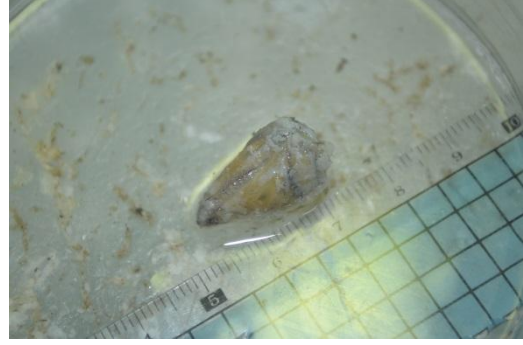
圖說：斑腿樹蛙浸製標本



圖說：扁蝸牛科腸胃含物



圖說：斑腿樹蛙腸胃中常見的姬蠊科



圖說：斑腿樹蛙腸胃中發現的小雨蛙