

國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系

碩士論文

School of Forestry and Resource Conservation

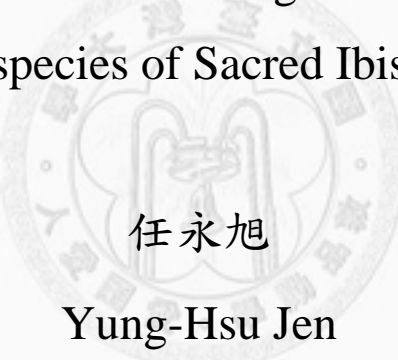
College of Bio-Resources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

入侵種埃及聖鸛棲地選擇與生殖生態

Habitat selection and breeding ecology of invasive
species of Sacred Ibis



任永旭

Yung-Hsu Jen

指導教授：袁孝維 博士

Advisor: Hsiao-Wei Yuan, Ph.D.

中華民國 100 年 7 月

July, 2011

謝誌

在308研究室寫著這篇謝誌，想著初到森林所的時候，一切都是那麼的陌生，心中也有著些許的害怕，但在三年半後的今天，經過袁孝維老師耐心的指導，以及漫長的野外生活和研究室內的分析，最後終於完成了這本論文。在這過程中首先要感謝袁老師給了我這樣的機會，讓我學習到更嚴謹的邏輯分析和思考方法，也完成了我大學時代一直想進行野外研究工作的夢想。此外也要感謝口試委員謝寶森老師、丁宗蘇老師和許富雄老師細心的指正我研究中的缺失，而其中要特別感謝謝寶森老師在我大學時代的提攜和幫助，與高醫生物系的程建中老師、陳炤杰老師、邱郁文老師共同引領我一窺生態世界的奧秘，在此要再次的感謝在我求學過程中指導過我的老師們。

在兩年的野外生活中，承蒙研究室學長姐與學弟妹們的幫忙，才能讓我的野外工作順利進行，其中最感謝的是學弟吳崇瑋，在我極需人手幫忙的時候幫我找了學弟宏愷、彥甫、書亞來幫忙；以及船長翁萬和先生和其兒子翁志安高超的操船技術，無數次帶我平安進出關渡紅樹林；關渡自然中心素慧姊、金姊、阿富和全體工作人員在無數個行為觀察日對我的照顧，提供冷熱水讓我不至於在頂樓被曬成人乾和凍成冰棒。而在計畫與分析階段要感謝阮錦松大哥、中衍學長和培欣在我研究初期的協助與討論；威廷在我分析資料時提供的建議和聽我抱怨的碎碎念；統計中心嘉鴻學長在統計分析上的協助。另外也要特別感謝心輔中心的玉如老師和介眉老師，陪伴我一起走過研究所情緒最低潮的一年。如果沒有你(妳)們我想這本論文應該無法順利的生出來，也再次由衷的感謝大家的幫助。

最後也是最感謝的是我的家人，在我的成長過程和三年半的研究所生涯中扮演著最堅強的後勤支援，也不斷的接受我追求夢想的任性行為，尤其是老爹在為期兩年半的全省調查中陪我跑遍大半個臺灣，也在車站守候許多次深夜返鄉的我，所以我要用這本論文獻給一直默默支持我的家人和對自己許下的承諾。我~終~於~畢~業~啦~~~~XD

摘要

埃及聖鸚(*Threskiornis aethiopica*)常因動物貿易而被引入至世界各地，逃逸至野外後，已在當地對多種原生鳥類造成危害。埃及聖鸚亦經由動物園而引入台灣，目前臺灣西部各縣市沿海濕地已逐漸有其族群分布，顯示聖鸚已成功入侵。然而至今對聖鸚的族群數量、棲地偏好與生殖生態仍無較完整的研究，故本研究的目的為：(1)調查聖鸚在臺灣地區的族群數量及其棲地分布；(2)研究關渡地區族群的棲地利用偏好；(3)觀察並記錄關渡地區繁殖族群的生殖生態；(4)以生殖干擾的方式對聖鸚進行防治方法的測試。族群分布調查分別在 2009 年的 3、6、9、12 月和 2010 年的 3、10 月進行，以穿越線法調查宜蘭及西部沿海的主要河口及濕地，記錄其族群量和使用的棲地類型；棲地偏好的調查則在 2009 年的 2-12 月，於關渡自然公園使用定點觀察法記錄 9:00-17:00 間每 15 分鐘的聖鸚隻數、行為和使用之棲地類型，且每月至少有兩次不同週的紀錄；生殖生態同樣在關渡紅樹林於 2009 年 4-8 月和 2010 年 3-9 月進行聖鸚巢位觀察，以每週兩次的頻率記錄每巢蛋數和幼鳥數，並在 2010 年噴灑玉米油於蛋上，測試生殖干擾對聖鸚的防治效果。結果發現聖鸚族群主要仍分布於北部的河口濕地，但對農田、淡水泥灘、樹林則有季節性的利用。關渡地區的聖鸚族群較偏好在鹹水泥灘覓食，對農田和淡水泥灘則為季節性的利用；繁殖時偏好在紅樹林休息，非繁殖時則偏好在農田及淡水泥灘休息。關渡聖鸚族群在 2009 年的平均窩卵數為 2.43 ± 0.60 顆，2010 年為 2.57 ± 0.54 顆；繁殖成功率 2009 年為 0.24 ± 0.37 ，2010 年為 0.35 ± 0.36 ，窩卵數、孵化率、離巢率和繁殖成功率在年間皆無顯著差異，只有風速大和巢高低對幼鳥離巢率有顯著的負面影響。2010 年的孵蛋期為 19.3 ± 3.35 天，育雛期為 18.4 ± 4.36 天，且兩年皆在一個繁殖季內有兩次繁殖高峰期。因而可以推論臺灣有許多適合聖鸚生存的潛在棲地，而聖鸚機會主義的棲地利用方式，以及每年兩次的繁殖高峰與穩定的繁殖成功率，其族群具有生存及擴張的優勢。而噴灑玉米油能顯著的抑制聖鸚蛋的孵化，並使親鳥不會立即棄巢且繼續在巢上孵蛋，是有效且符合經濟效益的防治方法。

關鍵字：埃及聖鸚、族群分布、棲地偏好、生殖生態、防治方法

Abstract

Sacred Ibis (*Threskiornis aethiopica*) was usually transported to many places of the world by animal trades. After introduced to the wild, it has threatened many native bird species. Sacred Ibis was also introduced in Taiwan by zoo, and has successful invaded many wetlands of western counties. Because there is no complete study of their habitat and breeding ecology, the aims of this study is (1) to survey their population and record habitat; (2) to analyze their habitat preference in guandu area; (3) to record their breeding ecology in mangrove of guandu. (4) to test population managing method by spreading corn oil. The population surveys were carried out March, June, September, December 2009 and March, October 2010 across various counties and cities in western Taiwan and Yilan County. Habitat preference researches were conduct at least two times in different weeks of month from February to December in 2009, and used site observation to record their population size, behavior and habitat type from 9:00 to 17:00. Reproductive monitoring were also carried out in mangrove of Guandu twice a week to record numbers of egg and chick from April to August in 2009, and March to September in 2010. Furthermore, we conducted egg spreading of corn oil in 2010 to test the effect of breeding interference. The results show that population of sacred ibis were still distribution in wetlands of northern Taiwan, but habitat use of farmlands and fishponds in middle and southern Taiwan were raised in non-breeding season. We also found sacred ibis prefer salt-marsh to feed, but it has short preference to farmland and fresh-marsh. Mean clutch size of Breeding population in Guandu was 2.43 ± 0.60 in 2009, and 2.57 ± 0.54 in 2010. Average of breeding success rate was 0.24 ± 0.37 in 2009, and 0.35 ± 0.36 in 2010. There were no significant differences in clutch size, hatching, fledging and breeding success rate between 2009 and 2010. The incubating period was 19.3 ± 3.35 days, and brooding period was 18.4 ± 4.36 days. There were two breeding peaks in 2009 and 2010. We can infer that there still have many suitable places for sacred ibis in Taiwan. Because their opportunism of habitat use and two breeding peaks in one year, the population of sacred ibis has advantages of survive and spreading. But spreading of corn oil can significantly reduce their hatching success rate, and it is effective and inexpensive to manage their population.

Keywords: Sacred Ibis, population distribution, habitat preference, breeding ecology

目錄

摘要	i
Abstract.....	ii
目錄	iii
圖目錄	iv
表目錄	vi
前言	1
方法	4
結果	8
討論	11
參考文獻	17



圖目錄

圖一 全台聖鸚族群普查樣點，黑色正方形為各縣市調查地點.....	24
圖二 關渡地區棲地分布圖.....	25
圖三 a.探巢器 b.噴灑玉米油所使用的噴霧器.....	26
圖四 以Dunn檢定法比較2009-2010年北部、中部、南部聖鸚族群量的差異.....	27
圖五 以Dunn檢定法比較北部不同棲地類型間聖鸚族群量的差異.....	28
圖六 以Dunn檢定法比較中部不同棲地類型間聖鸚族群量的差異.....	29
圖七 1995-2010年全台聖鸚族群量.....	30
圖八 1995-2010年北部、中部、南部聖鸚族群量.....	31
圖九 以Dunn檢定法比較2009年2-12月聖鸚在四種棲地類型的每平方公里覓食平均隻數.....	32
圖十 2009年2-12月聖鸚在關渡地區四種棲地類型的每平方公里覓食平均隻數.....	33
圖十一 以Dunn檢定法比較2009年2-12月聖鸚在四種棲地類型的每平方公里休息平均隻數.....	34
圖十二 2009年2-12月聖鸚在關渡地區四種棲地類型的每平方公里休息平均隻數.....	35
圖十三 聖鸚巢高與巢樹胸高直徑之關係.....	36
圖十四 埃及聖鸚的蛋.....	37
圖十五 a.聖鸚1-5日齡幼鳥 b.聖鸚5-10日齡幼鳥 c.聖鸚10-15日齡幼鳥 d.聖鸚15-20日齡幼鳥.....	38

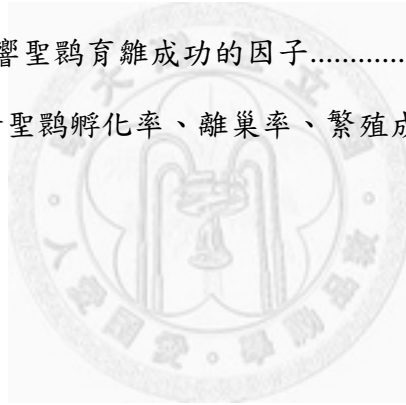
圖十六 2009 年關渡地區聖鸚 3-8 月孵蛋、育雛、活動巢數量39

圖十七 2010 年關渡地區聖鸚 3-9 月孵蛋、育雛、活動巢數量40



表目錄

表一 全台聖鸚族群普查樣點，由北到南共 36 處調查點.....	41
表二 2009、2010 年全台聖鸚族群普查北部、中部、南部族群量.....	42
表三 2009、2010 年全台聖鸚族群普查北部調查結果.....	43
表四 2009、2010 年全台聖鸚族群普查中部調查結果.....	44
表五 2009、2010 年全台聖鸚族群普查南部調查結果.....	45
表六 以 t-test 比較 2009、2010 年聖鸚每巢孵化率、離巢率、繁殖成功率的差異	46
表七 以邏輯回歸探討影響聖鸚孵化率的因子.....	47
表八 以邏輯回歸探討影響聖鸚育雛成功的因子.....	48
表九 以 t-test 分析噴油對聖鸚孵化率、離巢率、繁殖成功率的影響.....	49



前言

隨著交通的發達，許多物種因人類的關係直接或間接的被帶往世界各地，引入到非原生環境的以外的區域，某些物種因為棲位相似或為較高級的消費者，會與引入地原生物種形成競爭、掠食等負面的關係，進而造成經濟與生物多樣性上的損失，而根據世界自然保育聯盟(IUCN 2000)的定義，這些已建立穩定族群並造成危害的外來物種便稱為入侵種(Invasive species)。近年來入侵種已被視為造成地球生物多樣性損失的重要因素之一(Vitousek *et al.* 1997, Wilcove *et al.* 1998, Gurevitch & Padilla 2004)，許多研究者也開始對外來物種的入侵模式進行研究，以了解入侵過程和預測可能的入侵種。

外來物種在成為入侵種的過程中需經過數個階段，分別為運輸、引入、建立族群、擴散並造成危害(Williamson & Fitter 1996a, Colautti & MacIsaac 2004)。在運輸及引入的階段中，物種可藉由許多途徑被帶到新的環境，例如具有經濟或觀賞娛樂上的價值(Hulme 2009, Fàbregas *et al.* 2010)，或是科學研究和生物防治的目的(Simberloff & Stiling 1996, Strong & Pemberton 2000)，甚至是無意間造成的物種偷渡(Griffiths *et al.* 1991)，但只有少數的物種能夠克服生存及生殖上的障礙進而入侵成功(Williamson & Fitter 1996b)。不過在某些情況下物種可能會有較高的入侵成功率，例如有多次的引入事件和較多的引入個體(Lockwood *et al.* 2005)、引入地的環境及氣候適合其生存(Kolar & Lodge 2001)、具彈性的環境適應能力(Cassey 2002)、引入地較少天敵的影響(Colautti *et al.* 2004)，而分析入侵成功的條件和物種特徵將有助於了解入侵過程及制定防治方法。

埃及聖鸚(*Threskiornis aethiopicus*)，屬於鸚形目鸚科(Threskiornithidae)白鸚屬(*Threskiornis*)。全身白色，頭至頸為黑色裸皮，嘴喙黑色，喙長且下彎，腳與趾黑色，初級、次級飛羽尖端黑色，繁殖季成鳥在兩翼背側基部會長出黑色飾羽。原生分布區域為埃及、非洲撒哈拉沙漠以南、東非、衣索匹亞至南非以及伊拉克東南方等地區，在當地是普遍的留鳥，其他亞種 *T. a. bernieri* 和 *T. a.*

abbotti 則只分布於馬達加斯加島和亞達伯拉 (Del Hoyo et al. 1992)。

因動物園引進及後續管理不當的關係，埃及聖鸚目前已廣泛分布於法國、西班牙、荷蘭等歐洲大西洋沿岸國家(Clergeau & Yésou 2006, Ottens 2006)，而在美國佛羅里達州也有逃逸和繁殖紀錄(Herring et al. 2006)。聖鸚能利用許多不同類型的棲地，包括河口泥灘、紅樹林、廢棄漁塭、農田、沼澤地、小型淡水池塘及沼澤樹林等環境，在引入地甚至更出現於污水處理場、堆肥場、垃圾場等污染及人為干擾嚴重的區域(Clergeau & Yésou 2006)；而廣泛的食性，像是蚯蚓、昆蟲、小型嚙齒動物、軟體動物、蝦蟹、中小型魚類、蛙類、鳥類的蛋和幼鳥、植物的種子(Clergeau and Yesou 2006; Herring and Gawlik 2008)，也使其與引入地的許多物種形成掠食與競爭的關係。

在法國西岸聖鸚已成為桑氏燕鷗(*Sterna sandvicensis*)、黑浮鷗(*Chlidonias niger*)、黑腹燕鷗(*Chlidonias hybrida*)等鷗科鳥類的掠食者，繁殖季時聖鸚會攻擊並趕走孵蛋中的親鳥以掠食巢中的蛋；而在法國南部則有掠食黃頭鷺(*Bubulcus ibis*)、小白鷺(*Egretta garzetta*)的蛋和幼鳥的紀錄，並與鷺科鳥種競爭巢位，使得部份的小白鷺及黃頭鷺離開營巢地(Clergeau & Yésou 2005)；此外在其原生地南非的研究中，聖鸚是角鸛鷺(*Phalacrocorax capensis*)的蛋和幼鳥的主要掠食者(Williams & Ward 2006)。由於聖鸚在歐洲已建立穩定的繁殖族群並對當地原生鳥種造成危害，且從引入地及原生地的研究可以發現聖鸚對當地的鳥類在掠食及棲地競爭上皆具有優勢，所以法國在 2007 年開始進行聖鸚的移除行動(Clergeau et al. 2010)，荷蘭也在 2008 年對其野外族群進行捕捉並評估入侵風險和可能造成的影響(Smits et al. 2010)，而歐盟已將其列入歐洲百大入侵種名單內(DAISIE 2009)，顯示埃及聖鸚的入侵潛力和對引入地原生物種所造成的危害已在國際間受到重視。

對於入侵鳥種的防治方法主要有下列幾種：(1)對成鳥進行捕捉或獵殺；(2)對其利用的棲地進行控制；(3)進行生殖干擾使其繁殖失敗(Blokpoel & Hamilton 1989, Soh et al. 2002, Yap & Sodhi 2004)。在這幾種方法中，獵殺成鳥是直接並

能在短時間內顯著降低族群數量的方式，故法國國家狩獵及野生動物局(ONCFS)以射殺作為移除聖鸚的方法，在 2008、2009 年移除了超過 4500 隻的聖鸚，並將其野外族群量大幅度的降低，但仍有部分族群因入侵地為自然保護區或有易受干擾的物種而無法進行射殺(Smits *et al.* 2010)，且在家烏鴉(*Corvus splendens*)的例子中，因族群量減少後產生的空缺棲位會吸引鄰近族群的再入侵，而無法達到預期的成效(Brook *et al.* 2003)。除了直接捕捉及獵殺外，其他兩種間接降低族群數量的方法皆須對入侵種有更多的瞭解，才能針對其生活史擬定有效的族群管理計畫(Anning 1998)。

同樣由於動物園引進以及不當的管理，埃及聖鸚自 1984 年在台北關渡第一筆的野外紀錄後，目前已建立穩定的生殖族群並擴散至臺灣西部各縣市河口及沿海濕地，族群數量也從逃逸初期的個位數增加到百隻以上(中華鳥會線上資料庫 2011)；此外在野外的觀察中常可見其與臺灣本地種的黃頭鷺、小白鷺共同覓食，且在關渡紅樹林的繁殖族群更與許多鷺科鳥類混群營巢。而由過去的文獻與國外的入侵紀錄來看，聖鸚可能已和本地鷺科鳥種形成競爭及掠食的關係，顯示聖鸚已成功入侵臺灣。但目前對於聖鸚在臺灣的族群數量及棲地分布仍無全面性的調查，且其棲地偏好及生殖生態也缺乏較完整的研究報告；此外由於法令的限制而無法以直接獵殺的方式來進行防治，所以棲地利用及生殖生態等基礎資料的累積對後續防治計畫的制定更顯得重要，故本研究的目的為下列幾點：(1)調查埃及聖鸚在臺灣地區的棲地分布並估計其族群數量；(2)研究關渡地區族群的棲地利用偏好；(3)觀察並記錄關渡地區繁殖族群的生殖生態；(4)以生殖干擾對聖鸚進行防治方法的測試。期望能藉由本研究的結果累積埃及聖鸚在臺灣的基礎資料，並進一步擬定有效的防治及族群管理策略。

方法

族群分布

整理中華鳥會、宜蘭鳥會線上資料庫中 1995-2008 年的聖鸛發現紀錄，並選出全台聖鸛族群普查各縣市的 36 處調查樣點(表一)，分別位於宜蘭縣、台北市、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣等縣市沿海、河口(圖一)。

2009 年在 3、6、9、12 月進行調查；2010 年則在 3、10 月進行。調查時使用穿越線法(Bibby *et al.*1992)進行觀察，在固定且能清楚目視調查點內所有區域的穿越線上以車速 10-15 km/h 巡視，如發現聖鸛即停下記錄 GPS 座標、族群數量、行為、棲地類型，棲地類型分為魚塢、農田、淡水泥灘、鹹水泥灘、樹林，行為則分為覓食及休息。在樣點間移動時沿著濱海公路，如有發現聖鸛也會停下並進行記錄。此外普查是在假設短時間內族群不會遷移的前提下進行，故每次的調查皆在 7-10 天內完成。

棲地偏好

關渡濕地(25°07'N, 120°27'E)位於基隆河與淡水河匯流處，是目前全台聖鸛族群數量最多且穩定活動的地點，故選擇關渡濕地作為聖鸛棲地偏好的觀察地點，而主要範圍包括關渡自然公園及周邊農田、淡水河與基隆河匯流之河口泥灘、關渡紅樹林自然保留區。其中紅樹林面積約為 55 公頃，分為東半部的草澤區與西半部的樹澤區，草澤區主要植被為茫茫鹹草(*Yperus malaccensis* Lam.) 和蘆葦(*Phragmites australis*)，樹澤區植被為水筆仔(*Kandelia obovata*)，是許多水鳥休息與繁殖的棲地。

在 2009 年的 2-12 月進行觀察，每月至少有兩天且在不同周的調查紀錄。所有的調查皆在非雨天進行，調查方法為定點觀察，以關渡自然公園三樓陽台為制高點，在 09:00-17:00 使用瞬時行為掃描法(Tyler 1979)，每隔 15 分鐘記錄視野範圍內聖鸛數量、行為、棲地類型。行為分為覓食及休息；棲地類型則分為農田、淡水泥灘(關渡自然公園)、鹹水泥灘(淡水河與基隆河匯流處)、紅樹林(紅樹林自然保留區)(圖二)。

生殖生態

同樣在關渡紅樹林自然保留區於 2009 年 4-8 月和 2010 年 3-9 月進行調查，在發現聖鸚密集啣巢材且群聚於紅樹林後開始進入紅樹林搜尋巢位。以小船在滿潮點前三小時接近巢區並步行於紅樹林內搜尋，確定該巢使用鳥種後在巢樹枝幹綁上標記(紅標:聖鸚, 黃標:黃頭鷺, 藍標:夜鷺, 白標:小白鷺, 綠標:大白鷺), 標上註記鳥種、年份、巢號, 巢位以 GPS(Garmin CS60X)標定至地圖上, 並測量巢高, 此外也在 2011 年繁殖季測量巢樹胸高直徑。在觀察到聖鸚開始產蛋後, 以每周二次的頻率進行生殖監測, 調查時使用針孔攝影機及小型監視錄影機搭配鋁製伸縮桿所組合而成之探巢器(圖三 a)進行探巢。探巢時記錄每巢蛋數, 並撿拾掉落在巢下且外觀完整的蛋進行測量; 於幼鳥孵出後記錄幼鳥數, 並以調查紀錄推估幼鳥日齡和幼鳥離巢狀況(以 14 日為離巢標準)。

防治方法

2010 年 3-9 月在關渡地區確定聖鸚巢位後, 以噴灑卵油(玉米油)作為防治方法(Wildlife service 2003), 在每次探巢後使用 Excel 2007 版產生亂數表, 隨機選擇半數新發現之孵蛋巢作為噴灑玉米油的實驗組, 並於下一次探巢時對巢進行噴油。以噴霧器(圖三 b)將玉米油於巢上方噴灑 3-5 秒, 並使用探巢器輔助以確定每顆蛋表面被油膜覆蓋, 之後持續追蹤巢蛋是否孵化及巢的使用狀況, 在巢中蛋數減少或巢出現明顯破損的情況即判定該巢親鳥棄巢。

資料分析

本研究中所有資料皆以 Microsoft Office Excel 2007 版進行資料整理和製作圖表、SAS 9.1.3 版進行統計分析。

(一) 族群分布

計算 6 次族群調查的平均數量及標準偏差, 並將台灣分為北部(台北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗)、中部(台中、彰化、雲林)、南部(嘉義、台南、高雄), 使用 Kruskal-Wallis 檢定法比較北部、中部、南部聖鸚族群數量是否有差異, 並以 Dunn 檢定法比較任兩個地區間的差異; 此外也用同樣的方法比較北部、中部、南部不同棲地類型間聖鸚族群數量的差異, 以分析在不同地區其棲地利用之差異; 此外也以中華鳥會、宜蘭鳥會線上資料庫和實際調查資料中每年各縣

最大記錄量為各縣之年族群量，估計 1995-2010 年全台灣及北部、中部、南部的聖鸚族群量，並繪製成折線圖以分析不同地區間聖鸚族群量的變化趨勢。

(二) 棲地偏好

分析棲地選擇偏好須考慮棲地面積對利用率造成的影響，故將每次調查四種棲地類型記錄到聖鸚覓食與休息的隻次分別加總後除以棲地面積(以 google earth pro 4.2 版進行測量)，並再除以該天調查時間內的記錄次數，換算成每次觀察時視野內各棲地類型之每平方公里平均隻數。因觀察紀錄為隻數，不符合常態分布，所以使用 Kruskal-Wallis 檢定法比較不同棲地類型間聖鸚的隻數是否有差異，並以 Dunn 檢定法比較任兩種棲地間的差異；此外也將各月不同棲地類型之平均隻數繪製成帶有標準偏差的散佈圖，以分析不同月份間聖鸚覓食和休息時對棲地的偏好情形。

(三) 生殖生態

計算每巢平均蛋數與標準偏差，並將未進行噴油處理的巢另外計算孵化率(孵出幼鳥數除以總蛋數)、離巢率(離巢幼鳥數除以孵出幼鳥數)及繁殖成功率(離巢幼鳥數除以總蛋數)和其標準偏差，並以卡方檢定比較蛋數和以 t-test (雙尾, 95%顯著水準)比較孵化率、離巢率、繁殖成功率的年間差異；此外在產蛋中和幼鳥孵出前即被標記的巢則另外計算平均孵蛋期(最後一顆蛋產下日至第一隻幼鳥孵出前一日)及育雛期(第一隻幼鳥孵出日至最後一隻幼鳥離巢日)和其標準偏差，並以平均孵蛋、育雛日數推估每巢的孵蛋起始日和幼鳥孵出日，再分別將兩年繁殖季每月 7、14、21、28 日的孵蛋、育雛和活動巢數繪製成折線圖，以瞭解聖鸚在這兩年繁殖季中的繁殖次數與繁殖高峰期。

以相關性檢定分析巢高與巢樹胸高直徑間的關係，並用邏輯回歸(logistic regression)分析影響生殖成功的環境因子，氣象資料以中央氣象局社子測站(121°27'41" E, 25°06'41"N)所記錄之每小時氣溫、雨量、風速分別計算每巢孵蛋期、育雛期的每日平均，並使用下列方程式進行分析。

$$Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + f X_1 * X_2 + i$$

Y：孵蛋、育雛結果，失敗為 0，成功率 ≤ 0.5 為 1，成功率 > 0.5 為 2

X：孵蛋、育雛期之日平均氣溫(X1)、雨量(X2)、風速(X3)和巢高(X4)

(四) 防治方法

計算噴油巢的平均孵化率、親鳥平均棄巢日數和其標準偏差，並以 t-test (雙尾, 95%顯著水準)比較噴油與未噴油巢在平均孵化率、離巢率、繁殖成功率的差異。



結果

族群分布

在 2009-2010 年全台聖鸚族群普查所調查到的平均數量為 244 ± 83 隻 ($n=6$)，不同地區間的族群分布有顯著差異 ($X^2=9.13$, $P<0.05$)，且北部族群量顯著高於中部與南部(圖四)。而族群最大量北部出現於 9 月，中部出現於 6 月，南部則出現於 12 月，但北部、中部、南部各次調查之族群量皆不穩定(表二)。此外聖鸚對不同棲地的利用在北部 ($X^2=13.50$, $P<0.05$) 有顯著差異，但只有鹹水泥灘的平均族群量顯著高於魚塢(圖五)，且對農田、淡水泥灘、樹林有季節性利用的情形(表三)；而在中部聖鸚對不同棲地的利用也有顯著差異 ($X^2=16.62$, $P<0.05$)，中部鹹水泥灘的平均族群量顯著高於魚塢、淡水泥灘、樹林(圖六)，但無穩定利用的棲地(表四)；南部五種棲地類型間則皆無顯著差異 ($X^2=2.16$, $P>0.05$)，且也無穩定利用的棲地(表五)。

從鳥會資料庫及族群普查所推估的 1995-2010 年全台族群量發現聖鸚數量呈現上升的趨勢，但族群量並不穩定(圖七)。此外北部、中部、南部的族群量也皆為上升的趨勢，但年間族群量有數次的起伏，且北部的族群量高於中、南部(圖八)。

棲地偏好

在關渡地區 2009 年 2-12 月的觀察中，聖鸚在四種棲地類型的每平方公里覓食平均隻數有顯著差異 ($X^2=24.98$, $P<0.05$)，在農田、淡水泥灘、鹹水泥灘覓食的平均隻數皆顯著高於紅樹林(圖九)，顯示聖鸚偏好在農田、鹹水泥灘、淡水泥灘覓食。此外聖鸚對覓食棲地的利用有月間差異，其主要利用的棲地為鹹水泥灘，在 4-7 及 10-12 月的平均隻數最高，其次為農田，在 2-3 月及 8-9 月的平均隻數最高，淡水泥灘只有在 10、12 月的平均隻數有增多的情形，紅樹林則幾乎不會使用(圖十)。而聖鸚在四種棲地類型的每平方公里休息平均隻數也有顯著差異 ($X^2=19.33$, $P<0.05$)，在淡水泥灘和農田休息的平均隻數皆顯著高於鹹水泥灘(圖十一)，顯示聖鸚偏好在淡水泥灘和農田休息。且聖鸚對休息棲地的利用也有月間差異，淡水泥灘在 4、7、10-12 月的平均隻數最高，而農田在 8-9 月的平均隻數最高，紅樹林則在 2-3 月和 5-6 月的平均隻數最高，

鹹水泥灘則幾乎不會使用(圖十二)。

生殖生態

在 2009、2010 年關渡地區聖鸚的巢皆位於紅樹林自然保留區內的樹澤區，大多築於樹中層至樹冠層之間，巢高 3.62 ± 0.58 m ($n=166$)，且與巢樹胸高直徑呈顯著正相關($r=0.69, P<0.001$)(圖十三)。巢結構呈盤狀，上方幾乎無枝葉覆蓋，主要由水筆仔的枯枝所構成，有時亦會夾雜樹葉及乾草，甚至是塑膠袋或尼龍繩等人造物；使用群聚營巢的方式繁殖，巢之間距離大多在一公尺內，甚至常發現數個巢緊貼在一起。

聖鸚的蛋呈白色或淡褐色，蛋上散布深褐色斑點及碎斑(圖十四)，蛋的長和寬平均分別為 6.19 ± 0.28 cm 與 4.30 ± 0.11 cm ($n=10$)。幼鳥 1-5 日齡嘴喙為粉紅色，頭頸黑色，全身只有稀疏的白色絨羽(圖十五 a)；5-10 日時幼鳥體型變大，身上的白色絨羽逐漸褪去，換成白色覆羽，嘴喙變長且逐漸下彎(圖十五 b)；10-15 日幼鳥嘴喙基部開始變黑，活動力漸強，常可看到幼鳥在巢中或鄰近的巢間移動(圖十五 c)；15-20 日時幼鳥飛羽黑色邊緣明顯，但飛羽的長度仍無法使其具有飛行能力，常見到幼鳥在巢邊緣及巢外附近活動(圖十五 d)。離巢後的亞成鳥頭及頸部仍有羽毛，頭頸黑色，喉部為白色，要到第二年春天頭頸部的羽毛才會逐漸褪去，使頭頸部呈現黑色裸皮，而亞成鳥在繁殖季時也會如成鳥一般在背部翅膀兩側長出黑色蓑羽，以及腹部兩側長出尖端為淡黃色的白色飾羽。

2010 年的孵蛋期平均為 19.31 ± 3.35 天($n=13$)，育雛期為 18.60 ± 4.36 天($n=63$)，在 2009 及 2010 年的繁殖季均觀察到兩次繁殖高峰期(圖十六、圖十七)，2009 及 2010 年的第一次高峰期在 4-5 月，2009 年的第二次則在 6-7 月及 2010 年在 7-8 月；此外育雛高峰期較孵蛋高峰期延後 2-3 周，也與計算平均孵蛋期所得出的結果相似。

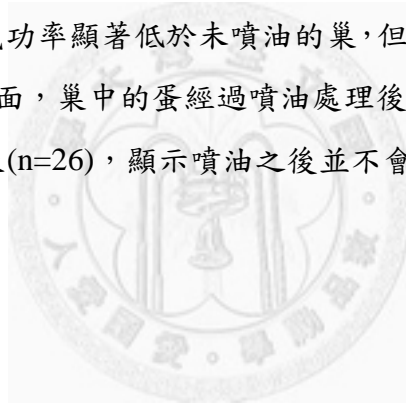
在 2009、2010 年分別記錄了 54 及 169 個埃及聖鸚的巢，窩卵數 2009 年為 2-3 個，平均為 2.43 ± 0.60 個($n=53$)；2010 年為 1-4 個，平均為 2.57 ± 0.54 個($n=169$)。孵化率 2009 年為 0.51 ± 0.41 ($n=52$)；2010 年為 0.55 ± 0.38 ($n=128$)。離巢率 2009 年為 0.53 ± 0.47 ($n=51$)；2010 年為 0.65 ± 0.43 ($n=102$)。繁殖成功率 2009 年為 0.24 ± 0.37 ($n=54$)；2010 年為 0.35 ± 0.36 ($n=125$)。年間之平均窩卵數無顯著差異($X^2=4.40, P>0.05$)，且孵化率、離巢率、繁殖成功率也均無顯著差異(表六)。

此外以 2009、2010 年繁殖季記錄的 202 個巢分析平均氣溫、雨量、風速和巢高對聖鸚孵化率及離巢率的影響，結果發現孵化率與氣溫、雨量、風速、巢高、氣溫和雨量交感皆無顯著相關(表七)；離巢率與風速呈顯著負相關($X^2=5.763$ ， $P_3=0.016$)，育雛期平均風速越快離巢率越低，而巢高則是與離巢率呈顯著正相關($X^2=9.333$ ， $P_4=0.002$)，巢高越高離巢率越高(表八)。

防治方法

在 2010 年 3-7 月共對 41 個聖鸚巢中的 104 顆蛋進行噴油處理，分別於 3 月 20 日對 13 巢 35 顆蛋；4 月 30 日對 5 巢 12 顆蛋；5 月 15 日對 7 巢 19 顆蛋；6 月 19 日對 6 巢 13 顆蛋；6 月 30 日對 1 巢 2 顆蛋；7 月 14 日對 9 巢 23 顆蛋進行噴油處理，結果發現噴油巢的平均孵化率為 0.21 ± 0.30 ($n=41$)。

在噴油與未噴油($n=128$)的巢孵化率、離巢率及繁殖成功率的比較，經噴油處理的巢孵化率和繁殖成功率顯著低於未噴油的巢，但在幼鳥離巢率則無顯著差異(表九)。在棄巢日數方面，巢中的蛋經過噴油處理後，親鳥棄巢的時間為 3-35 天，平均為 15.38 ± 9.06 天($n=26$)，顯示噴油之後並不會導致親鳥立即棄巢。



討論

族群分布

目前埃及聖鸚族群主要仍分布於台灣北部，而在法國聖鸚族群量較多的地區及其繁殖地多為引入事件的發生地(Clergeau and Yesou 2005, 2006)，顯示台灣北部應為逃逸事件的發生地；此外法國的動物園以開放式的環境飼養聖鸚，造成多次的引入事件及較多的引入個體，研究也指出較多的引入次數及個體有助於物種入侵成功(Williamson & Fitter 1996b, Simberloff 2009)，而聖鸚在台灣皆為動物園所飼養，且大多採開放式環境展示，可能也發生了多次的引入事件，故動物園應為聖鸚的主要引入途徑，並對其入侵成功有決定性的影響。

聖鸚在臺灣地區主要的棲地為河口的鹹水泥灘，與原生地的湖岸沼澤及河川氾濫形成之泥灘地相似(Del Hoyo *et al.* 1992)，而臺灣的緯度也在其原生分布地區的緯度範圍內，且引入地的氣候及環境與原生地相似也有利於外來種的生存與入侵(Kolar & Lodge 2001)，故聖鸚能在引入個體數較少的情況下克服生存障礙並建立穩定的生殖族群。而聖鸚對農田、魚塭、淡水泥灘季節性的利用，顯示聖鸚具有彈性的環境適應能力。

北部及中部族群最大量分別出現於 9 月及 6 月，而在野外調查中常可見到成鳥與亞成鳥混群覓食，顯示北部、中部的族群最大量應由於亞成鳥的離巢所致；而南部只在 10 月到隔年 3 月有其調查紀錄，且南部並無其營巢紀錄，顯示南部的族群最大量可能因族群移動所致。此外可能因營巢時個體在巢區內不易計數和其活動範圍大不利於調查時的搜索，所以造成在各次調查結果北部、中部、南部不穩定的族群量。

從 1995-2010 年聖鸚的族群量可以發現其族群量雖呈上升的趨勢，但有數次較大的起伏，且北部、中部、南部皆有同樣的情形，顯示其族群成長仍不穩定，或可能有因族群移動而造成的調查誤差；此外因不同年間紀錄筆數的差異和族群移動造成的調查誤差，在族群量的估計可能會有低估的情況發生，但如

以首次有系統性且調查次數較多的 2009 年全台族群普查結果來估計，目前全台聖鸚族群量應在 500-600 隻之間，且未來仍有繼續增加的可能。

棲地偏好

在關渡的日行為觀察的結果也發現聖鸚偏好在鹹水泥灘覓食，且對農田和淡水泥灘有季節性利用的情形。因鹹水泥灘受潮汐及河川水位影響，提供了穩定且不斷更新的食物資源(Smith 1995; Dimalaxis & Pyrovetsi 1997)，所以在 4-7、10-12 月鹹水泥灘是聖鸚及鷺科鳥等大型涉禽的主要覓食棲地；此外在 2-3 及 8-9 月農田春耕及秋收時的翻土可將土中的昆蟲等食物資源挖出並吸引鳥類覓食(Lombardini *et al.* 2001)，且之後的灌溉和降雨除可增加直翅目等昆蟲的數量以供應食物資源(McKilligan 1997)，也讓裸露的地面變成適合涉禽覓食的泥灘地(Tourenq *et al.* 2001)，而關渡自然公園每年 9-10 月固定的除草與淺塘環境的營造同樣在公園內產生了大面積的泥灘地，使得聖鸚在 11-12 月對淡水泥灘的使用率增加，所以造成聖鸚對農田及淡水泥灘有季節性利用的情形。

聖鸚季節性利用不同的覓食棲地，且各月不同棲地類型間平均隻次的標準偏差範圍大多重疊，顯示聖鸚應是以機會主義的方式覓食；此外由文獻可知其食性為雜食，食物包含植物種子、魚類、甲殼類、軟體動物、昆蟲、蜥蜴、小型哺乳類和鳥類的蛋及幼鳥，甚至是腐屍和垃圾(Del Hoyo *et al.* 1992, Clergeau and Yesou 2006)，且可在高人為干擾的區域覓食。而這些行為及物種特徵也與許多成功的入侵種相似，例如已廣泛入侵亞洲各國的白尾八哥(*Acridotheres javanicus*)及爪哇雀(*Padda oryzivora*) (Yap & Sodhi 2004)，並使聖鸚具有生存上的優勢，有助於其克服棲地適應過程中的障礙。雖然聖鸚因機會主義的覓食方式和彈性的食性而有生存優勢，但與本地鳥種在覓食上的競爭仍不明顯，野外觀察時常可見其與黃頭鷺、小白鷺等本地鷺科鳥種混群覓食，且少有追逐、戳擊的行為發生，顯示聖鸚在覓食上對本地鳥種的影響可能較小。

聖鸚在 2-3 和 5-6 月偏好於紅樹林休息，8 月之後則幾乎不會使用，顯示紅樹林只在繁殖季為其營巢之用，且與小白鷺、黃頭鷺、夜鷺等本地鷺科鳥類共同營巢，並在巢區中形成數個亞群落(sub-colonies)。在原生地聖鸚偶爾會偷共同營巢的鸕鶿巢中的巢材，也曾發生競爭巢位的情形(Urban 1974)，且在入侵地法國更迫使部分的小白鷺及黃頭鷺離開營巢地(Clergeau & Yésou 2005)；而在關渡紅樹林內也曾觀察到聖鸚與小白鷺、黃頭鷺以嘴喙互相戳擊的行為，且有疑似因互相攻擊導致外傷致死的紀錄，顯示聖鸚與本地的鷺科鳥類可能有巢位競爭的關係。

生殖生態

聖鸚在紅樹林內的巢高平均為 3.62 ± 0.58 m，大致與其原生地 0-5m 類似(Urban 1974, Kopij 1999)，而在法國也發現其巢位大多位於地面或較矮的樹枝上(Clergeau and Yesou 2006)，但在新竹的調查中卻發現巢位於 10 公尺高的雜木林上，顯示聖鸚雖較常利用低的巢位，但對築巢地點仍有彈性的適應能力。

聖鸚在關渡地區平均孵蛋期為 19.3 ± 3.35 日，與 Urban(1974)在衣索匹亞記錄的 28-29 日相差了 8-9 日，推測可能是因觀察方法不同所造成的誤差。過去研究以目視親鳥開始長時間孵蛋來推測產下最後一蛋並開始孵蛋的日期，並以聽幼鳥的乞食聲來判定幼鳥孵出日期，而本研究使用探巢器以每周兩次的探巢頻率，甚至有直接觀察幼鳥正在破殼的紀錄，可降低野外觀察的誤差，且應能推算出較準確的產蛋及幼鳥孵出日期；此外與聖鸚同屬及型態極為相似的澳洲白鸚(*Threskiornis molucca*)，其孵蛋期為 20-23 日(Del Hoyo *et al.* 1992)，故推論聖鸚的實際孵蛋期應較接近 20 日。

由關渡地區的平均育雛期 18.6 ± 4.36 日和過去研究所記錄的 14-21 日(Urban 1974, Kopij 1999)發現聖鸚幼鳥在孵出後 2-3 週即有能力離巢，但剛離巢的幼鳥仍會在巢位附近活動，且在 35-40 日齡後才具有飛行能力(Urban 1974)，親鳥會持續餵食直到幼鳥能跟隨親鳥飛出巢區外學習覓食後才停止。而進一步以孵蛋

期及幼鳥離巢後能自行覓食的時間推算，聖鸚的生殖周期約為 55-60 日，與 2009、2010 年繁殖季中兩次繁殖高峰期的時間大致相符，且兩次高峰期的活動、孵蛋、育雛巢數皆相似。此外文獻也指出原生地的聖鸚可在第一次生殖失敗不久後重新築巢並開始下一次的生殖周期(Urban 1974)，以及在一個繁殖季中有兩次的繁殖高峰(Kopij 1999)，故關渡地區的埃及聖鸚在一個繁殖季中應有進行兩次生殖的能力，且在紅樹林內已有穩定繁殖的趨勢。

在關渡地區聖鸚的孵化及離巢率不受到氣溫和雨量的影響。因關渡平原在 3-9 月的降雨型態大多是僅數小時的短暫陣雨，且除颱風外較少長達數天的暴雨，而研究顯示降雨後形成的泥灘地有利於涉禽覓食，並可降低幼鳥因飢餓而死的風險，使幼鳥離巢率與雨量呈顯著正相關(Bildstein *et al.* 1990)；此外聖鸚公母鳥皆會孵蛋並輪流出外覓食的行為(Urban 1974)，也能降低氣溫、雨量對孵化、離巢成功率的影響。

聖鸚幼鳥在關渡地區的離巢率與風速呈顯著負相關，並和巢高呈顯著正相關。近年來在黃頭鷺的研究中發現強風使蛋及幼鳥落巢常是造成繁殖失敗的主要原因(Torres & Mangeaud 2006, Bachir *et al.* 2008)，故巢樹結構的穩定度與抵抗強風的能力也是影響繁殖成功率的因素之一。研究顯示大型涉禽在巢區中偏好選擇較高的巢位，且巢高與繁殖成功率呈正相關(Soni *et al.* 2010, Park *et al.* 2011)，原因為低的巢多半位於較小或是枯倒的樹上，所以造成巢的穩定性較差(Ranglack *et al.* 1991)；此外巢樹的胸高周長(Girth breast high)及樹高也與巢的數量呈正相關，但超過一定高度後巢數便逐漸減少(Gopi & Pandav 2011)，原因可能為粗的樹幹及枝條分岔多讓巢具有較好的穩定性，但高度過高會使風造成的影響增大。聖鸚在關渡紅樹林內的巢高皆低於 5 公尺，且巢高與水筆仔的胸高直徑(Diameter breast high)呈顯著正相關，顯示位置較高的巢位可能具有較好的穩定性，能抵抗強風造成的負面影響，所以使位置較高的巢有較高的幼鳥離巢率。

防治方法

經噴油處理的蛋可將平均孵化率降至 0.21 ± 0.30 ，且噴油的巢平均孵化率也顯著低於未噴油的巢，顯示玉米油可有效阻止蛋的孵化。然而在噴油的 41 巢中仍有 15 巢孵出了 23 隻幼鳥，且平均孵化率與 Wildlife service 技術手冊中所記載之 0- 0.05 的孵化率有很大的差距。而失敗的原因可能為紅樹林枝葉阻擋和巢位過高造成操作上的困難，使油膜未能將蛋上大部分的氣孔堵塞，故未來在噴油技術上仍有改進的空間。

在噴油處理後聖鸚的棄巢日數平均為 15.38 ± 9.06 天，與 2010 年的平均孵蛋期 19.3 ± 3.35 天相比，噴油可使親鳥持續孵蛋的日數接近至平均孵蛋期。而在加拿大雁的實驗中，雖有部分親鳥較平均孵蛋期延長其孵蛋時間，但噴油處理會增加親鳥在平均孵蛋期前的棄巢機率(Christens *et al.* 1995)。所以噴油雖無法延長聖鸚平均孵蛋期後的棄巢日數，但可使其持續孵蛋並浪費生殖能量。

除了玉米油可顯著降低聖鸚蛋的孵化率外，在過去的研究中其他的食用油和礦物油也有抑制蛋孵化的效果(Christens & Blokpoel 1991, Pochop *et al.* 1998a, Martin & Dawes 2005)，且不論在孵蛋期何時噴油皆能有效抑制蛋的孵化(Cummings *et al.* 1993, Martin *et al.* 2007)。但與礦物油相比，玉米油有較好的抑制孵化的能力，且價格也較礦物油便宜(Pochop *et al.* 1998b)，故使用容易取得的食用油做為控制鳥類繁殖數量的工具是便宜而有效的方法。

使用生殖干擾來控制聖鸚族群數量雖為間接且較被動的方法，但相較於獵殺所可能造成的周圍族群再引入和社會輿論壓力(Clergeau *et al.* 2010)，生殖干擾是較可行且操作簡單的方法，只是需較長期且持續的實施族群監測及防治作業。此外棲地控制也是未來可以嘗試的方法，由棲地偏好的結果可在其覓食棲地(如農田、淡水泥灘)進行整治，減少適合其覓食的淺灘環境，以降低其繁殖及幼鳥離巢時的食物來源。而對於目前野外的聖鸚族群則可嘗試在其巢區及附近的泥灘地使用 noose trap (Gartshore 1978) 和 walk-in trap (Gratto-Trevor 2004, Lindström *et al.* 2005) 等陷阱進行捕捉，並將捕捉到之個體送至已有飼養聖鸚的

動物園安置；而各動物園也應詳細紀錄園內所飼養之聖鸚數量 and 阻止其繼續繁殖，並加強籠舍的維護，以防止其逃逸和引入事件的發生。但對於解決外來鳥種入侵的問題，根本之道仍在運輸階段的管理，所以應審慎評估已有入侵紀錄或高入侵風險之鳥種輸入(范等 2006)，並嚴格取締非法的走私活動，以避免後續因飼養、管理不當而發生的引入事件和最後造成的入侵危害。



參考文獻

- 中華鳥會線上資料庫. 2011. 中華鳥會 <http://webdata.bird.org.tw/>
- 范孟雯、林瑞興、黃雅倫、林德恩. 2006. 台灣外來種陸域脊椎動物風險評估系統. 特有生物研究 8: 7-22.
- Anning, R. 1998. Knowledge of species biology is key to urban pest bird management. *International Pest Control* 40:81-83.
- Bachir, A.S., Barbraud, C., Doumandji, S., Hafner, H. 2008. Nest site selection and breeding success in an expanding species, the Cattle Egret *Bubulcus ibis*. *Ardea* 96:99-107.
- Bibby, C.J., Burgess N.D., Hill D.H. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press.
- Bildstein, K.L., Post, W., Johnston, J., Frederick, P. 1990. Freshwater wetlands, rainfall, and the breeding ecology of White Ibises in coastal south Carolina. *The Wilson Bulletin* 102:84-98.
- Blokpoel, H. & Hamilton, R.M.G. 1989. Effects of applying white mineral oil to chicken and gull eggs. *Wildlife Society Bulletin* 17:435-441.
- Brook, B.W., Sodhi, N.S., Soh, M.C.K., Lim, H.C. 2003. Abundance and projected control of invasive House Crows in Singapore. *The Journal of Wildlife Management* 67:808-817.
- Cassey, P. 2002. Life history and ecology influences establishment success of introduced land birds. *Biological Journal of the Linnean Society* 76:465-480.
- Christens, E. & Blokpoel, H. 1991. Operational spraying of white mineral oil to prevent hatching of gull eggs. *Wildlife Society Bulletin* 19:423-430.
- Christens, E., Blokpoel, H., Rason, G., Jarvie, S.W.D. 1995. Spraying white

- mineral oil on Canada goose eggs to prevent hatching. *Wildlife Society Bulletin* 23:228-230.
- Clergeau, P. & Yésou, P. 2006. Behavioural flexibility and numerous potential sources of introduction for the scared ibis: causes of concern in western Europe? *Biological Invasions* 8:1381-1388.
- Clergeau, P., Fourcy, D., Reeber, S., Yésou, P. 2010. New but nice? Do alien sacred ibises *Threskiornis aethiopicus* stabilize nesting colonies of native spoonbills *Platalea leucorodia* at Grand-Lieu Lake, France? *Oryx* 44:533-538.
- Colautti, R.I. & MacIsaac, H.J. 2004. A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions* 10:135-141.
- Colautti, R.I., Ricciardi, A., Grigorovich, I.A., MacIsaac, H.J. 2004. Is invasion success explained by the enemy release hypothesis? *Ecology Letters* 7:721-733.
- Cummings, J.L., Pitzler, M.E., Pochop, P.A., Krupa, H.W., Pugh, T.L., May, J.A. 1993. Field evaluation of white mineral oil to reduce hatching in Canada goose eggs. U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Animal Damage Control, National Wildlife Research Center, Bird Section Research Report 494.
- del Hoyo, J., Elliott, A. & Sargatal, J. 1992. *Handbook of the Bird of the World*. Vol. 1. Lynx Edicions.
- Dimalaxis, A. & Pyrovetsi, M. 1997. Effect of water level fluctuations on wading bird foraging habitat use at an irrigation reservoir, Lake Kerkini, Greece. *Colonial Waterbirds* 20:244-252.
- DAISIE. 2009. *Handbook of alien species in Europe*. Dordrecht, Netherlands: Springer.

- Fàbregas, M.C., Guillén-Salazar, F., Garcés-Narro, C. 2010. The risk of zoological parks as potential pathways for the introduction of non-indigenous species. *Biological Invasions* 12:3627-3636.
- Gartshore, M.E. 1978. A noose trap for catching nesting birds. *North American bird bander* 3:1-2.
- Gratto-Trevor, C.L. 2004. The North American bander's manual for banding shorebirds (Charadriiformes, suborder Charadrii). North American Banding Council. Point Reyes, California.
- Griffiths, R.W., Schloesser, D.W., Leach, J.H., Kovalak, W.P. 1991. Distribution and dispersal of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes region. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48:1381-1388.
- Gurevitch, J. & Padilla, D.K. 2004. Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology and Evolution* 19:470-474.
- Herring, G., Call, E.M., Johnston, M.D. 2006. A non-indigenous wading bird breeding in the Florida Everglades: the sacred ibis. *Florida Field Naturalist* 34:4-8.
- Herring, G. & Gawlik, D.E. 2008. Potential for successful population establishment of the non-indigenous sacred ibis in the Florida Everglades. *Biological Invasions* 10:969-976.
- Hulme, P.E. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46:10-18.
- IUCN. 2000. Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. International Union for the Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- Kolar, C.S. & Lodge, D.M. 2001. Progress in invasion biology : predicting invaders.

Trends in Ecology and Evolution 16:199-204.

Kopij, G. 1999. Breeding ecology of the Sacred Ibis *Threskiornis aethiopicus* in the Free state, South. Africa. South African Journal of Wildlife Research 29: 25-30.

Lindström Å., Klaassen, M., Lanctot R. 2005. The foldable "Ottenby" walk-in trap: a handy and efficient wader trap for expedition conditions. Wader Study Group Bulletin 107: 50-53.

Lockwood, J.L., Cassey, P., Blackburn, T. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions. Trends in Ecology and Evolution 20:223-228.

Lombardini, K., Bennetts, R.E., Tourenq, C. 2001. Foraging success and foraging habitat use by cattle egrets and little egrets in the Camargue, France. The Condor 103:38-44.

Martin, J.M. & Dawes, J. 2005. Egg oil: A tool for the management of pest bird populations. 13th Australasian Vertebrate Pest Management Conference :234.

Martin, J.M., French, K., Major, R.E. 2007. The pest status of Australian white ibis (*Threskiornis molucca*) in urban situations and the effectiveness of egg-oil in reproductive control. Wildlife Research 34:319-324.

McKilligan, N.G. 1997. A long term study of factors influencing the breeding success of the Cattle Egret in Australia. Colonial Waterbirds 20:419-428.

Ottens, G. 2006. Sacred ibises in the Netherlands. Birding World 19:84.

Park, S.R., Kim, K.Y., Chung, H., Choi, Y.S., Sung, H.C. 2011. Vertical nest stratification and breeding success in a six mixed-species heronry in Taeseong, Chungbuk, Korea. Animal Cells and Systems 15:85-90.

Pochop, P.A., Cummings, J.L., Steuber, J.E., Yoder, C.A. 1998a. Effectiveness of several oils to reduce hatchability of chicken eggs. The Journal of Wildlife

- Management 62:395-398.
- Pochop, P.A., Cummings, J.L., Yoder, C.A. 1998b. Comparison of white mineral oil and corn oil to reduce hatchability in ring-billed gull eggs.
- Ranglack, G.S., Angus, R.A., Marion, K.R. 1991. Physical and temporal factors influencing breeding success of cattle egrets (*Bubulcus ibis*) in a west Alabama colony. Colonial Waterbirds 14:140-149.
- Simberloff, D. & Stiling, P. 1996. How risky is biological control? Ecology 77:1965-1977.
- Simberloff, D. 2009. The role of propagule pressure in biological invasions. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 40:81-102.
- Smith, J.P. 1995. Foraging flights and habitat use of nesting wading birds (Ciconiiformes) at lake Okeechobee, Florida. Wilson Bulletin 107:437-451.
- Smits, R.R., van Horssen, P., van der Winden, J. 2010. A risk analysis of the sacred ibis in The Netherlands. Invasive Alien Species team, Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, Geertjesweg 15, 6706 EA Wageningen.
- Soh, M.C.K., Sodhi, N.S., Seoh, K.H., Brook, B.W. 2002. Nest site selection of the house crow (*Corvus splendens*), an urban invasive bird species in Singapore and implications for its management. Landscape and Urban Planning 59:217-226.
- Soni, K.C., Sharma, A.N., Soni, V.C. 2010. Nesting ecology, interspecific interaction and nesting association of Indian Black Ibis (*Pseudibis papillosa*) inhabiting the arid zone of Rajasthan. Our Nature 8:12-25.
- Strong, D.R. & Pemberton, R.W. 2000. Biological Control of Invading Species--Risk and Reform. Science 288:1969-1970.
- Torres, R. & Mangeaud, A. 2006. Factors affecting the nesting success of the Cattle

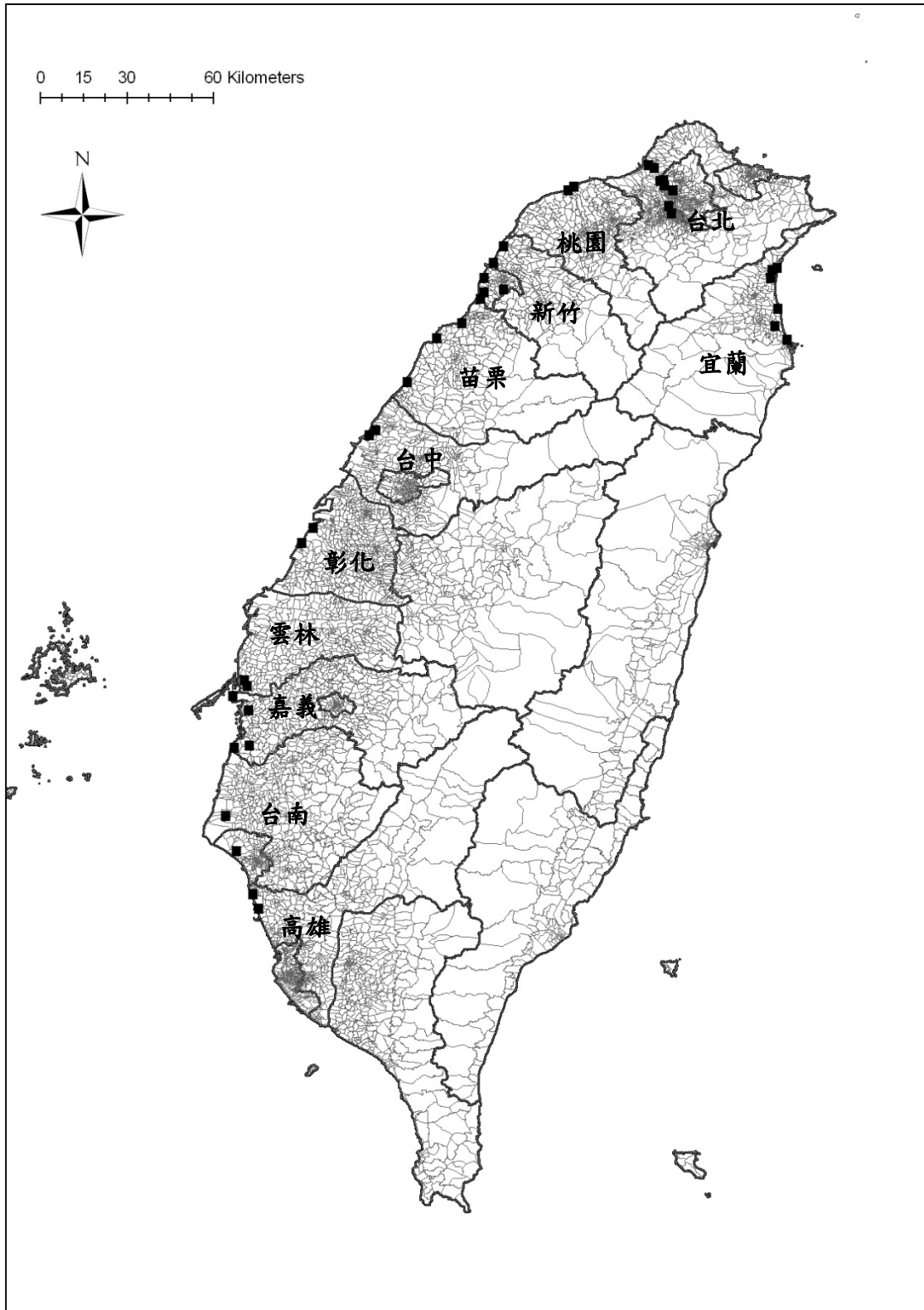
- Egret (*Bubulcus ibis*) in Laguna Mar Chiquita, central Argentina. *Ornitologia Neotropical* 17:63-71.
- Tourenq, C., Bennetts, R.E., Kowalski, H., Vialet, E., Luccheci, J.L., Kayser, Y., Isenmann, P. 2001. Are ricefields a good alternative to natural marshes for waterbirds communities in the Camargue, southern France? *Biological Conservation* 100:335-343.
- Tyler, S. 1979. Time-sampling: a matter of convention. *Animal Behaviour* 27:801-810.
- Urban, E.K. 1974. Breeding of sacred ibis at the lake Shala, Ethiopia. *Ibis* 116: 265-277.
- Vitousek, P.M., D'antonio, C.M., Loope, L.L., Rejmánek, M., Westerbrooks, R. 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* 21:1-16.
- Wilcove, D.S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A., Losos, E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience* 48:607-615.
- Wildlife service, 2003. Egg oil: An avian population control tool. United States Department of Agriculture.
- Williams, A.J. & Ward, V.L. 2006. Sacred Ibis and Gray Heron predation of Cape Cormorant eggs and chicks; and a review of Ciconiiform birds as seabird predators. *Waterbirds* 29:321-327.
- Williamson, M. H. & Fitter, A. 1996a. The characters of successful invaders. *Biological Conservation* 78: 163-170.
- Williamson, M. H. & Fitter, A. 1996b. The varying success of invaders. *Ecology* 77:1661-1666.
- Yap, C.A.M, Sodhi, N.S. 2004. Southeast Asian invasive birds: ecology, impact and

management. *Ornithological Science* 3:57-67.

Yésou, P., Clergeau, P. 2005. Sacred Ibis: a new invasive species in Europe.

Birding World 18:517–526.





圖一. 全台聖鸛族群普查樣點，黑色正方形為各縣市調查地點。

圖二. 關渡地區棲地分布圖，圖上圓圈為觀察地點，棲地類型分為農田、淡水泥灘(關渡自然公園)、鹹水泥灘(淡水河與基隆河匯流處)、樹林(紅樹林自然保留區)。

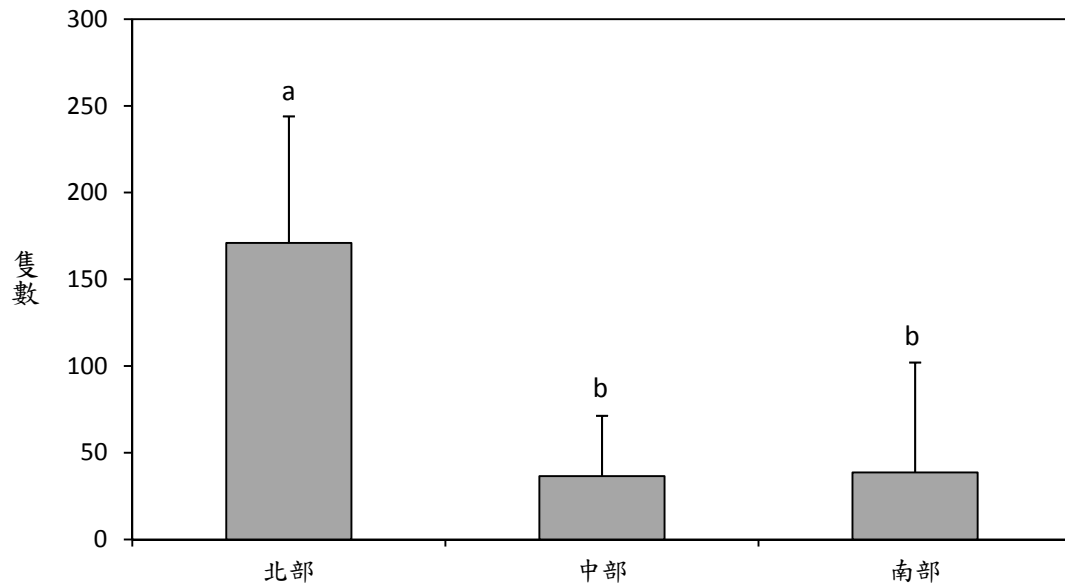


a



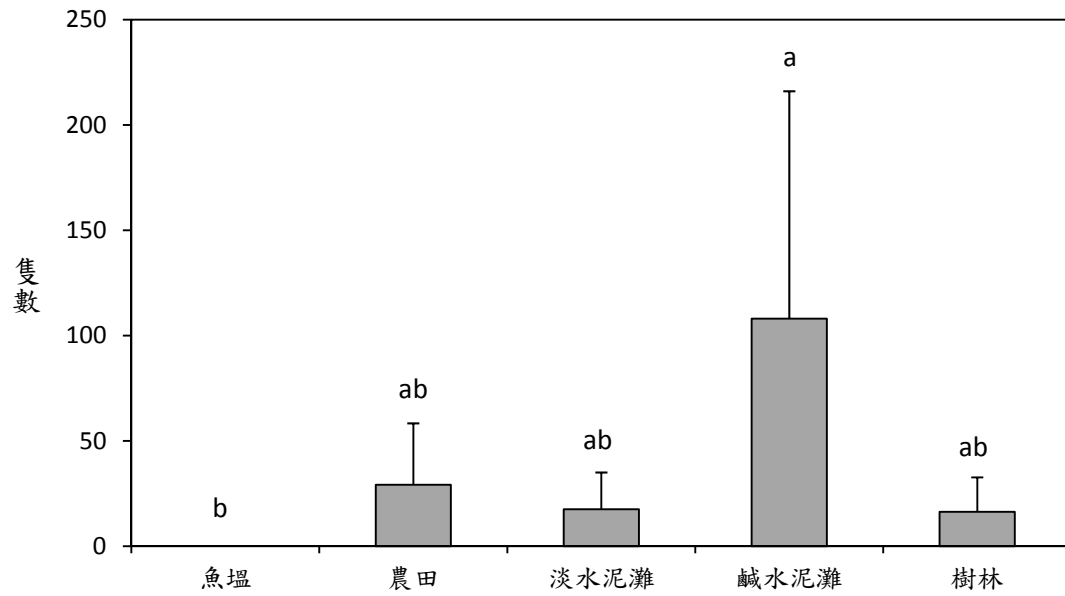
b

圖三. a.以針孔攝影機、微型監視器及鋁伸縮桿組合而成之探巢器。b.噴灑玉米油所使用的噴霧器。



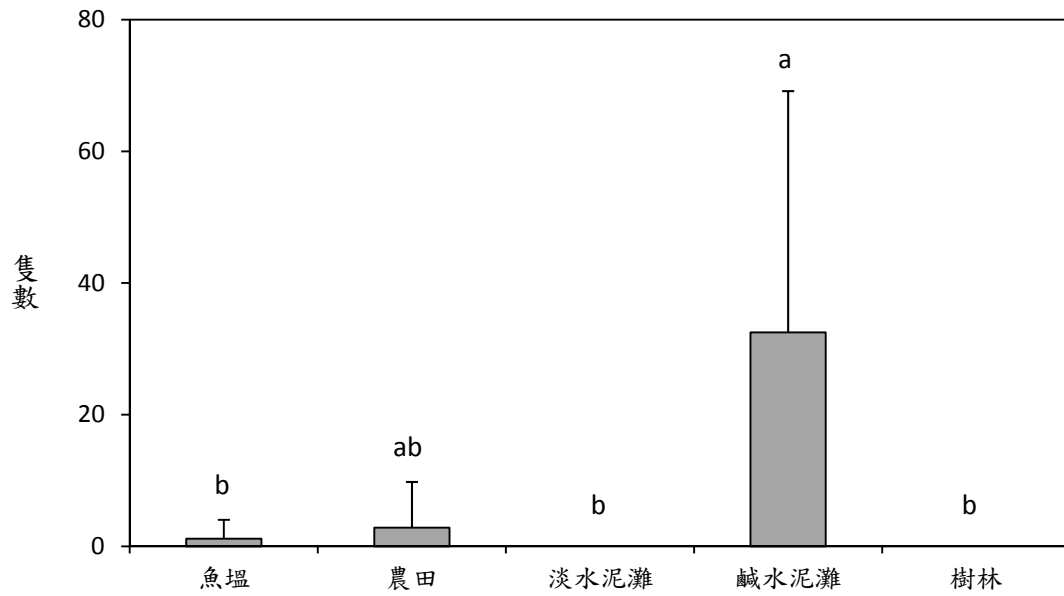
圖四. 以 Dunn 檢定法比較 2009-2010 年北部、中部、南部聖鸚族群量的差異，結果發現北部族群量顯著高於中部($Z=2.50$, $P<0.05$)與南部($Z=2.72$, $P<0.05$)。





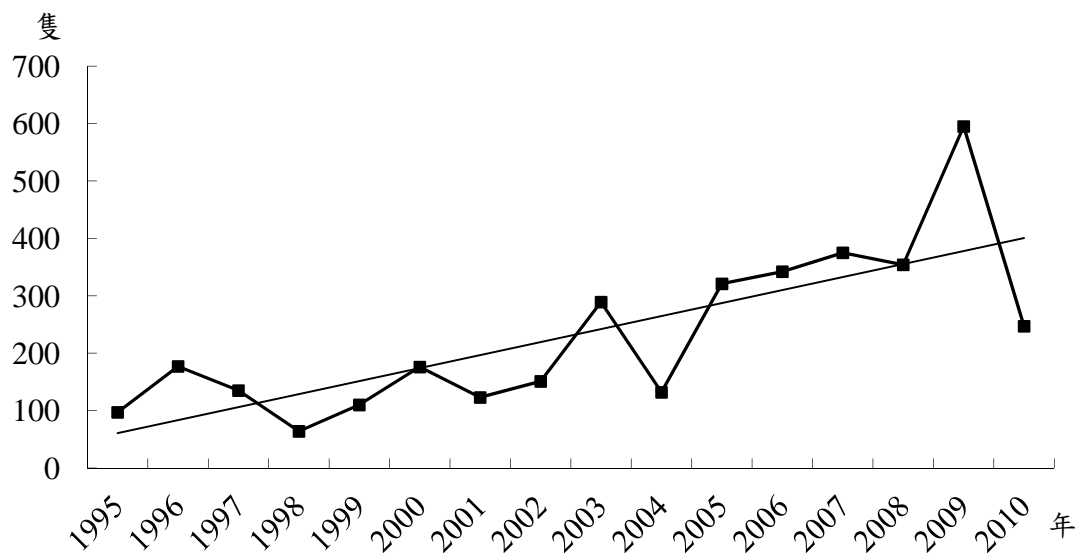
圖五. 以 Dunn 檢定法比較北部不同棲地類型間聖鸚族群量的差異，結果發現只有鹹水泥灘的平均族群量顯著高於魚塭($Z=3.40$, $P<0.05$)。





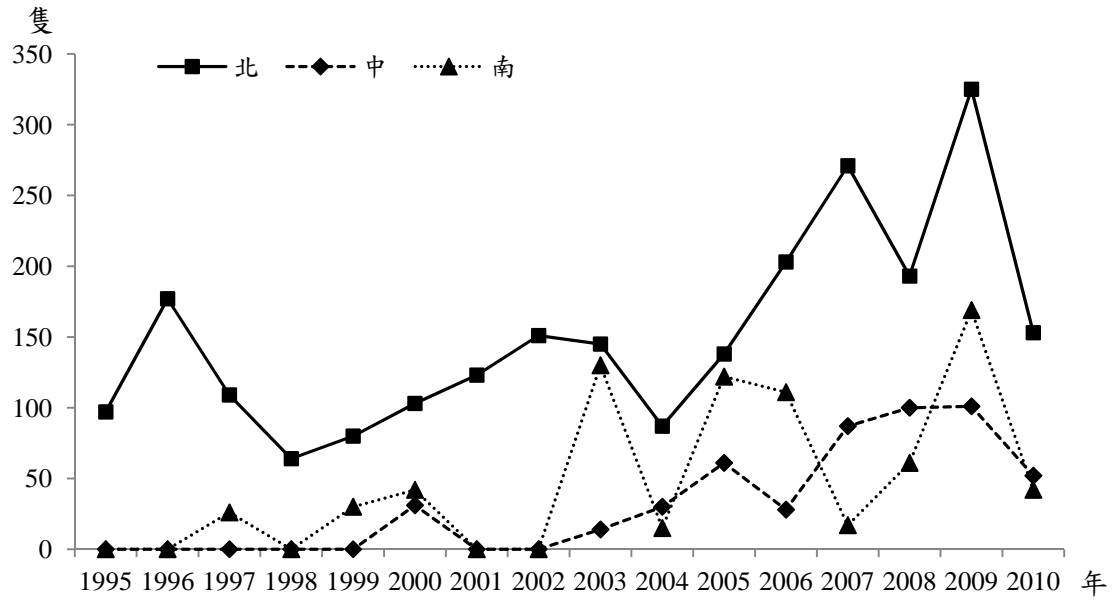
圖六. 以 Dunn 檢定法比較中部不同棲地類型間聖鸚族群量的差異，結果發現中部鹹水泥灘的平均族群量顯著高於魚塭($Z=2.92$, $P<0.05$)、淡水泥灘($Z=3.45$, $P<0.05$)、樹林($Z=3.45$, $P<0.05$)。





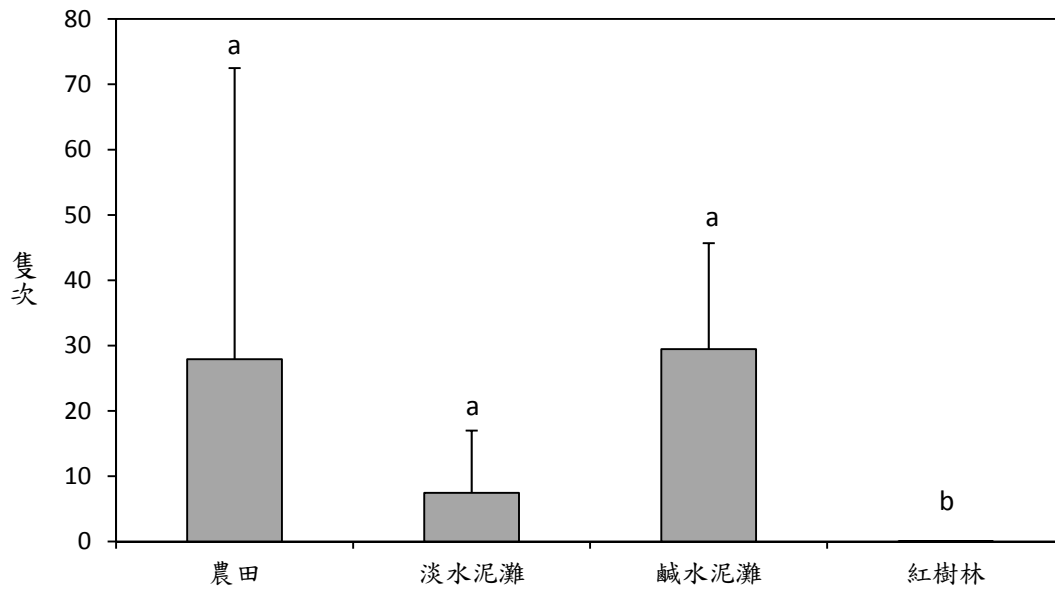
圖七. 1995-2010 年全台聖鸚族群量。結果發現族群量呈現上升的趨勢，但數量並不穩定。





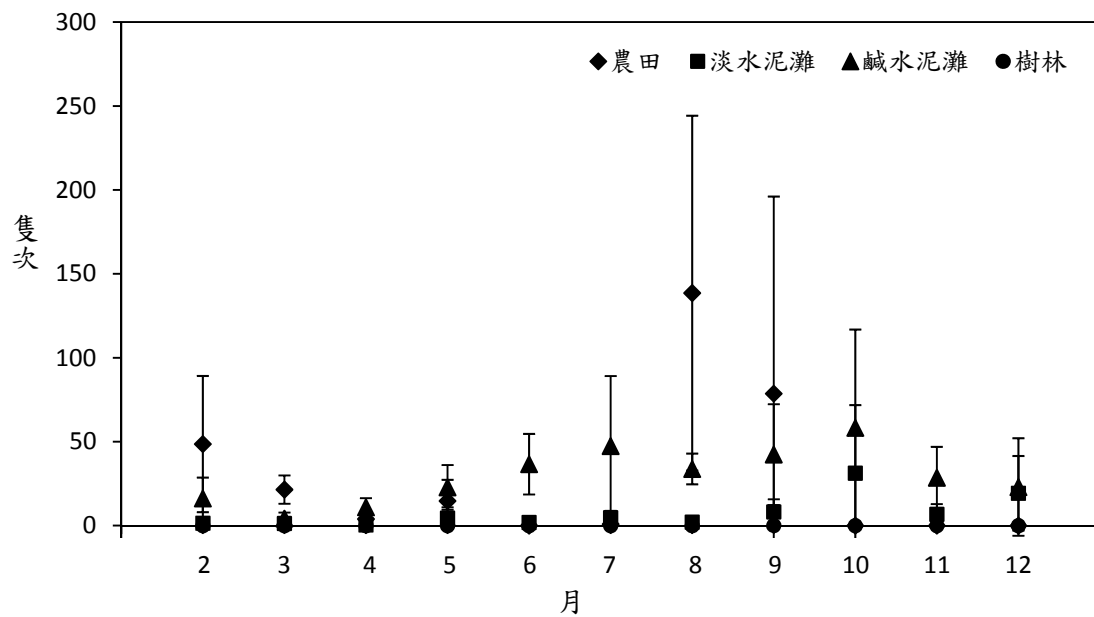
圖八. 1995-2010 年北部、中部、南部聖鸚族群量。結果發現北、中、南地族群量皆為上升的趨勢，但年間族群量有數次的起伏，且北部的族群量高於中、南部。



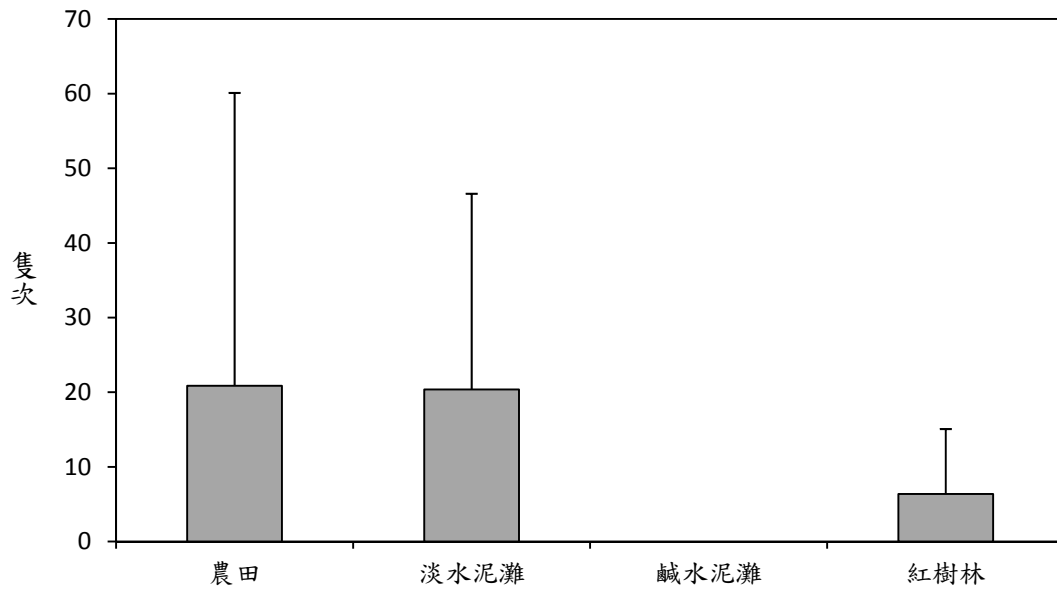


圖九. 以 Dunn 檢定法比較 2009 年 2-12 月聖鸚在四種棲地類型的每平方公里覓食平均隻數，結果發現在農田($Z=2.99$, $P<0.05$)、淡水泥灘($Z=2.99$, $P<0.05$)、鹹水泥灘($Z=4.94$, $P<0.05$)覓食的聖鸚平均隻數皆顯著高於紅樹林。



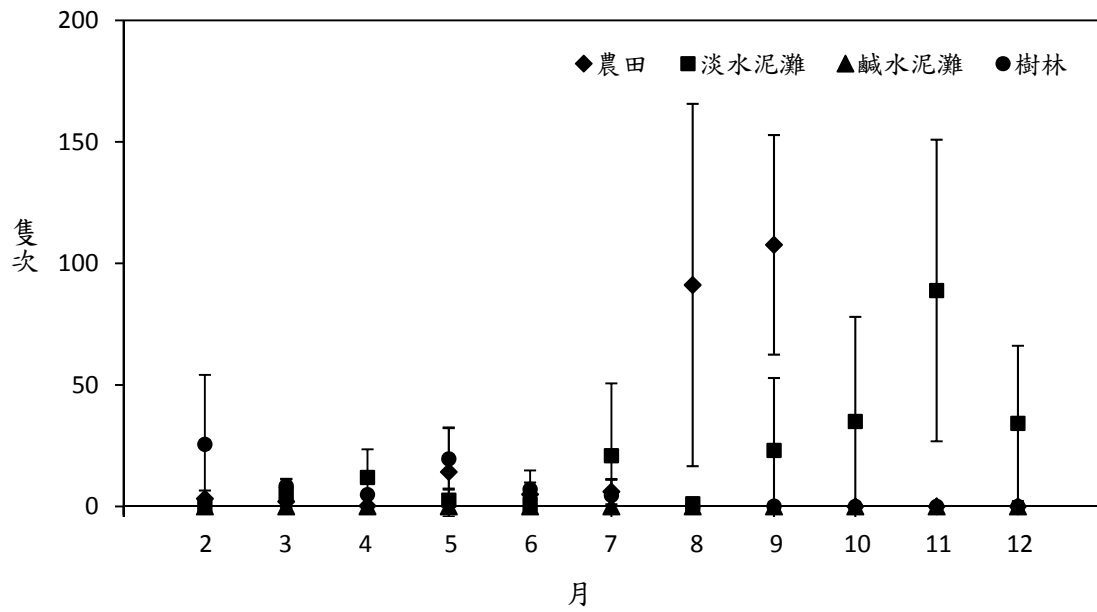


圖十. 2009年2-12月聖鸚在關渡地區四種棲地類型的每平方公里覓食平均隻數，線段為各個棲地類型之標準偏差。結果發現聖鸚對覓食棲地的利用有月間差異，其主要利用的棲地為鹹水泥灘，在4-7及10-12月的平均隻數最高，其次為農田，在2-3月及8-9月的平均隻數最高，淡水泥灘只有在10、12月的平均隻數有增多的情形，紅樹林則幾乎不會使用。

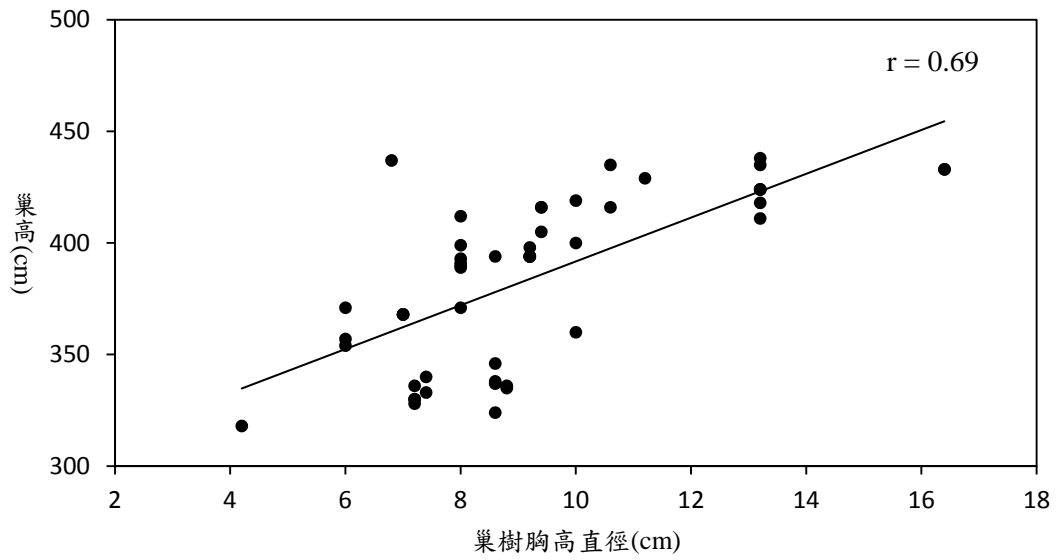


圖十一. 以 Dunn 檢定法比較 2009 年 2-12 月聖鸚在四種棲地類型的每平方公里休息平均隻數，結果發現在淡水泥灘($Z=4.27$, $P<0.05$)和農田($Z=3.03$, $P<0.05$)休息的平均隻數皆顯著高於鹹水泥灘。





圖十二. 2009年2-12月聖鸚在關渡地區四種棲地類型的每平方公里休息平均隻數，線段為各個棲地類型之標準偏差。結果發現聖鸚對休息棲地的利用有月間差異，淡水泥灘在4、7、10-12月的平均隻數最高，而農田在8-9月的平均隻數最高，紅樹林則在2-3月和5-6月的平均隻數最高，鹹水泥灘則幾乎不會使用。

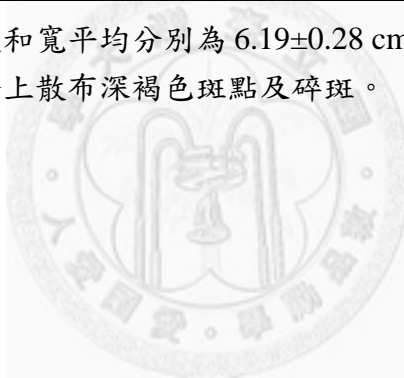


圖十三. 聖鸚巢高與巢樹胸高直徑之關係。結果發現巢樹胸高直徑越大則巢高越高($P < 0.001$, $n = 51$)。





圖十四. 埃及聖鸚的蛋，長和寬平均分別為 6.19 ± 0.28 cm 與 4.30 ± 0.11 cm ($n=10$)，外觀為白色或淡褐色，蛋上散布深褐色斑點及碎斑。





a.



b.

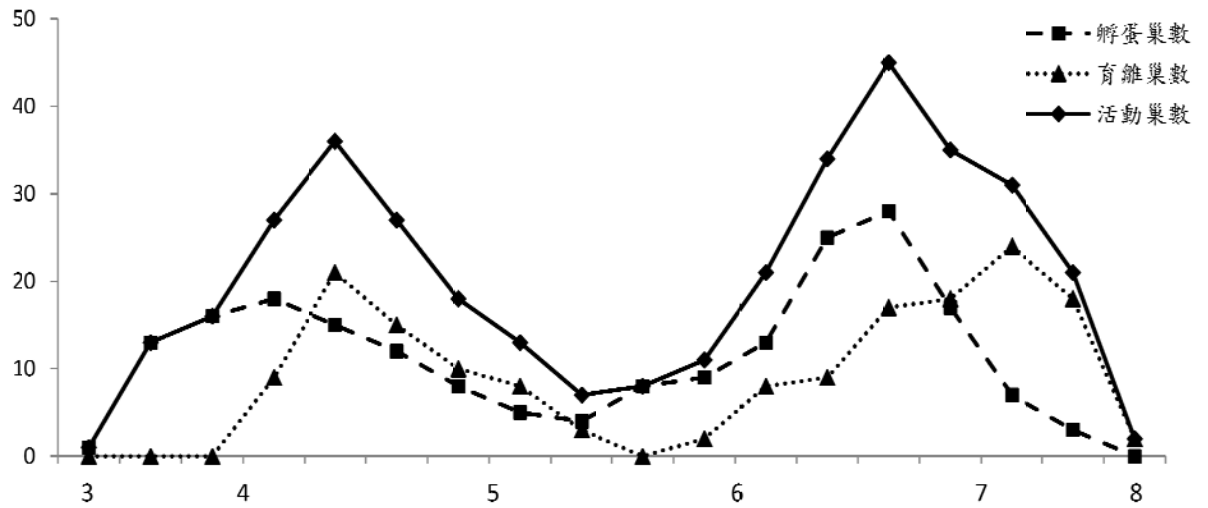


c.



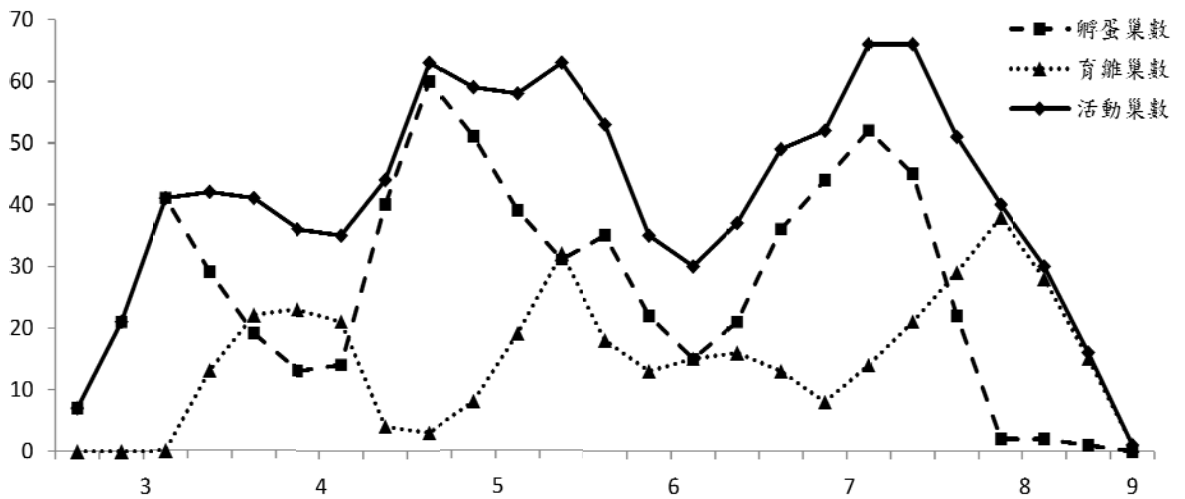
d.

圖十五. a. 聖鸚 1-5 日齡幼鳥，嘴喙為粉紅色，頭頸黑色，全身只有稀疏的白色絨羽。b. 聖鸚 5-10 日齡幼鳥，體型變大，嘴喙變長且逐漸下彎，身上的白色絨羽逐漸褪去並換成白色覆羽。c. 聖鸚 10-15 日齡幼鳥，嘴喙基部開始變黑，活動力漸強，常可看到幼鳥在巢中或鄰近的巢間移動。d. 聖鸚 15-20 日齡幼鳥，飛羽黑色邊緣明顯，飛羽的長度仍無法使其具有飛行能力，常見到幼鳥在巢邊緣及巢外附近活動。



圖十六. 2009 年關渡地區聖鸛 3-8 月孵蛋、育雛、活動巢數量。結果發現在 2009 年聖鸛有兩次繁殖高峰期，分別在 4-5 和 6-7 月(正方形:孵蛋巢 三角形:育雛巢 形:活動巢)。





圖十七. 2010年關渡地區聖鸚3-9月孵蛋、育雛、活動巢數量。結果發現在2010年聖鸚有兩次繁殖高峰期，分別在4-5和7-8月(正方形:孵蛋巢 三角形:育雛巢 形:活動巢)。



表一. 全台聖鸚族群普查樣點，由北到南共 36 處調查點。

縣市	地點	X 座標	Y 座標
宜蘭	竹安 口	121° 49' 33.95"	24° 50' 30.39"
	塭	121° 48' 37.41"	24° 50' 2.91"
	下	121° 48' 10.68"	24° 48' 33.31"
	蘭陽 口	121° 49' 40.76"	24° 43' 1.17"
	利澤簡	121° 49' 3.45"	24° 39' 24.93"
	無尾	121° 51' 22.23"	24° 36' 51.43"
台北	八里	121° 25' 36.22"	25° 9' 45.81"
	竹圍	121° 27' 19.58"	25° 9' 14.49"
	關渡	121° 28' 3.45"	25° 6' 47.49"
	華中 濕地	121° 29' 45.28"	25° 0' 30.46"
	華 濕地	121° 28' 56.14"	25° 2' 12.52"
桃園	大園鄉	121° 10' 22.07"	25° 5' 4.94"
新竹	新	120° 58' 12.02"	24° 54' 31.05"
	南	120° 56' 4.47"	24° 51' 7.54"
	雅 口	120° 54' 55.26"	24° 48' 30.36"
	濕地	120° 54' 48.61"	24° 46' 45.74"
	南 賞鳥區 草湖	120° 53' 37.10" 120° 58' 17.34"	24° 44' 34.98" 24° 46' 30.58"
苗栗	竹南	120° 50' 17.78"	24° 39' 58.90"
	後龍 口	120° 45' 41.85"	24° 37' 1.12"
	通	120° 40' 32.33"	24° 29' 59.01"
台中	大甲 口	120° 33' 44.35"	24° 19' 53.81"
	高美 地	120° 32' 48.73"	24° 18' 44.54"
彰化	彰濱工業區	120° 25' 35.79"	24° 6' 21.67"
	寶濕地	120° 24' 6.41"	24° 3' 14.08"
	寶濕地	120° 22' 32.63"	24° 1' 21.76"
雲林	成龍濕地	120° 9' 40.79"	23° 33' 23.23"
	湖口濕地	120° 10' 7.59"	23° 32' 11.92"
嘉義	地	120° 7' 25.41"	23° 29' 41.33"
	子 口	120° 10' 43.47"	23° 27' 41.45"
	布袋 田	120° 10' 7.94"	23° 21' 18.08"
	好美 保護區	120° 7' 45.18"	23° 20' 49.71"
台南	七 濕地	120° 3' 0.60"	23° 4' 37.08"
	四草濕地	120° 8' 14.72"	23° 1' 29.86"
高雄	濕地	120° 11' 28.70"	22° 53' 13.09"
	永安濕地	120° 12' 29.96"	22° 50' 46.61"

表二. 2009、2010 年全台聖鸚族群普查北部、中部、南部族群量，族群最大量北部與中部分別出現於 9 月和 6 月，南部則出現於 12 月，但北部、中部、南部年族群量皆不穩定。

	北部	中部	南部
2009			
3	133	15	27
6	257	101	0
9	268	42	0
12	110	0	163
2010			
3	105	28	0
10	153	33	42



表三. 2009、2010 年全台聖鸚族群普查北部調查結果，發現聖鸚對農田、淡水泥灘、樹林有季節性利用的情形。

	魚塭	農田	淡水泥灘	鹹水泥灘	樹林
2009					
3	0	54	0	19	60
6	0	4	0	253	0
9	0	52	0	216	0
12	0	0	79	31	0
2010					
3	0	54	0	13	38
10	0	11	26	116	0



表四. 2009、2010 年全台聖鸚族群普查中部調查結果，發現聖鸚在中部無穩定利用的棲地。

	魚塭	農田	淡水泥灘	鹹水泥灘	樹林
2009					
3	0	0	0	15	0
6	0	0	0	101	0
9	0	0	0	42	0
12	0	0	0	0	0
2010					
3	0	0	0	28	0
10	7	17	0	9	0



表五. 2009、2010 年全台聖鸚族群普查南部調查結果，發現聖鸚在南部無穩定利用的棲地。

	魚塭	農田	淡水泥灘	鹹水泥灘	樹林
2009					
3	0	0	0	27	0
6	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
12	163	0	0	0	0
2010					
3	0	0	0	0	0
10	0	42	0	0	0



表六.以 t-test 比較 2009、2010 年聖鸚每巢孵化率、離巢率、繁殖成功率的差異。
結果發現孵化率、離巢率及繁殖成功率在年間均無顯著差異。

	2009	2010	值
孵化率	0.51±0.41(52)	0.55±0.38(128)	0.571
離巢率	0.53±0.47(51)	0.65±0.43(102)	0.129
繁殖成功率	0.24±0.37(54)	0.35±0.36(125)	0.055



表七. 以邏輯回歸探討影響聖鸚孵化率的因子。結果發現孵蛋期氣候因子及巢高對孵化率均無顯著影響。

Factor	DF	Estimate	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept 0	1	-0.053	0.000	0.987
Intercept 1	1	0.849	0.066	0.798
氣溫	1	-0.025	0.076	0.783
雨量	1	-11.477	0.477	0.490
風速	1	0.168	0.030	0.863
巢高	1	-0.119	0.102	0.750
氣溫*雨量	1	0.414	0.407	0.524



表八. 以邏輯回歸探討影響聖鸚育雛成功的因子。結果發現育雛期風速及巢高對離巢率有顯著影響，風速與離巢率呈顯著正相關，巢高與離巢率呈顯著負相關。

Factor	DF	Estimate	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept 0	1	1.404	0.084	0.772
Intercept 1	1	2.114	0.190	0.663
氣溫	1	-0.152	0.756	0.685
雨量	1	5.070	0.032	0.858
風速	1	-4.004	5.763	0.016
巢高	1	1.843	9.333	0.002
氣溫*雨量	1	-0.191	0.028	0.867



表九.以 t-test 分析噴油對聖鸚孵化率、離巢率、繁殖成功率的影響。結果發現噴油處理能顯著降低孵化率及繁殖成功率。

	噴油	未噴油	值
孵化率	0.21±0.30(41)	0.55±0.38(128)	<0.001
離巢率	0.59±0.49(16)	0.65±0.43(102)	0.67
繁殖成功率	0.13±0.25(41)	0.35±0.36(125)	<0.001

