

涉禽對晒池魚塭之利用—以七股地區虱目魚及文蛤養殖為例

Utilization of aquaculture ponds by wading birds during the draining period — a case study on milkfish and hard clam ponds in Qigu Area

黃書彥* 薛美莉

Shu-Yen Huang* and Mei-Li Hsueh

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集镇民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantao, Taiwan

*通訊作者：shuyung2001@tesri.gov.tw

*Corresponding author: shuyung2001@tesri.gov.tw

摘要

在自然濕地不斷遭受破壞和喪失之下，人工濕地對於水鳥的保育功能日益重要。水產養殖魚塭是台灣主要的人工濕地之一。魚塭晒池時創造出類似泥灘濕地環境，提供水鳥理想的棲息與覓食場所。本研究針對七股常見的虱目魚吋苗及文蛤養殖池進行調查，以了解涉禽對晒池魚塭之利用。虱目魚吋苗池水鳥密度以8-11月較高；文蛤池則為11-1月。虱目魚吋苗養殖晒池時間主要於每年10-11月；而文蛤則主要於11-1月，但每池每2-3年只晒1次。晒池能吸引水鳥利用，兩種養殖池的水鳥密度於晒池中魚塭皆顯著大於養殖中者。而水鳥密度以晒池的第1-4天最高，並隨時間逐漸下降。此外兩種魚塭於晒池時的水鳥組成呈現顯著性差異。將涉禽依覓食行為與形態分為4個同功群：高視闊步覓食鷺鳥（stalking herons）、深水覓食鸕鶿類（pelagic foraging waders）、憑觸覺於灘地覓食鸕鶿類（tactile surface-foraging waders）、憑視覺於灘地覓食鸕鶿類（visual surface-foraging waders）。高視闊步覓食鷺鳥及深水覓食鸕鶿類聚集於晒池的第1-2天，另也利用收成或換水過程水位暫時下降的文蛤池。兩類灘地覓食型鸕鶿類則為晒池過程中利用魚塭的主要類群，另也聚集在冬季養藻中的虱目魚池。虱目魚吋苗及文蛤養殖的操作方式提供了水鳥利用機會，具有水鳥保育的功能。

Abstract

With continuous loss and degradation of natural wetlands, artificial wetlands have become increasingly important for the conservation of waterbirds. Aquacultural ponds are ones of the main types of artificial wetlands in Taiwan. When the ponds are drained, they create mudflat environment that provide ideal feeding and resting habitat for waterbirds. We examined how wading birds used two types of aquacultural ponds, milkfish (*chanos chanos*) ponds and hard clam (*Meretrix lusoria*) ponds, both commonly found in Qigu. Waterbirds density of milkfish ponds was higher from August to November, while that of hard clam ponds occurred from November to January. Milkfish ponds were drained after the fish were harvested in October to November every year, while hard clam ponds were drained in November to January every two or three years. The drained ponds could attract waterbirds. The density of waterbirds was higher in ponds during the draining period than in the rearing period. The density of waterbirds was highest during the first four days after dewatering, and then, it gradually decreased with time. Waterbirds assemblages differed significantly between the two types ponds. According to morphological and feeding behavior, the wading birds were categorized into four guild groups: 1) stalking herons, 2) pelagic-foraging waders, 3) tactile surface-foraging waders, and 4) visual surface-foraging waders. Stalking herons and pelagic-foraging waders congregated on the first two days after dewatering, and also in hard clam ponds when the water level was temporarily reduced for harvesting or water changes. Tactile and visual surface-foraging waders were the main guilds during the draining period of the ponds. They also congregated in milkfish ponds during the period of algae cultivation in winter. The study suggests the importance of including waterbirds conservation in the operation tactics of milkfish and hard clam pond management.

關鍵詞：水鳥、水產養殖魚塭、虱目魚、文蛤、七股、同功群

Key words: waterbirds, aquacultural pond, milkfish, hard clam, Qigu, guild group

收件日期：2014年04月28日 接受日期：2014年09月30日

Received: April 28, 2014

Accepted: September 30, 2014

緒 言

濕地是水鳥的重要棲息環境，但在自然濕地不斷遭受破壞和喪失的趨勢下，水鳥的生存

面臨嚴重威脅 (Galbraith *et al.* 2002; Stroud *et al.* 2006; Catry *et al.* 2011)。為尋求水鳥可能的替代性棲地，評估人工濕地對於水鳥的保育功能成為日益重要的研究課題。

人工濕地的管理模式常造成環境劇烈的季節性變化，一年中只在特定時期，可提供適合水鳥的暫時性棲地 (Young and Chan 1997; Lee *et al.* 2006; Toral *et al.* 2011)。此外不同管理方式的人工濕地也因環境差異，提供不同種類及數量的水鳥利用 (Elphick and Oring 1998; Sánchez *et al.* 2006; 楊 2006; Dias 2009; 牛等 2011; Athearn *et al.* 2012)。

近年來相關棲地間比較的研究認為，人工濕地不能完全取代自然濕地的功能 (Tourenq *et al.* 2001; Ma *et al.* 2004; Lee *et al.* 2006; Li *et al.* 2013)，但農田、魚塭、鹽田及蓄水子池等人工濕地能提供水鳥適合棲息的環境 (Velasquez 1992; Young 1998; Takekawa *et al.* 2001; Masero 2003; Lu 2005; Evans-Ogden *et al.* 2008; Cheek 2009; Sripanomyom *et al.* 2011; 賴 2012)，降低自然濕地減少帶來的衝擊。因此人工濕地應具有作為水鳥補充棲地的保育功能。

水產養殖魚塭是台灣重要的人工濕地之一，全台內陸魚塭面積總計為 40,142 公頃 (漁業署 2012)，其中 64 % 集中於西南沿海的雲林 (16 %)、嘉義 (15 %) 及台南 (34 %) 縣市。魚塭養殖期間水位較高，多數涉禽無法利用。然而當收成後，魚塭排乾池水進行晒池的過程，池底形成類似泥灘濕地的環境，提供了涉禽良好的棲地 (楊 2006; 華等 2009)。因此晒池的過程，可能是涉禽利用魚塭的關鍵時間，具有保育水鳥的重要功能。

本研究針對台南市七股區的「虱目魚吋苗」及「文蛤」兩種養殖魚塭進行調查，以了解 (1) 兩種魚塭的養殖概況及每年的晒池時間、(2) 晒池魚塭是否吸引水鳥利用、(3) 晒池過程中水鳥密度變化、(4) 兩種魚塭晒池時的水鳥組成差異、(5) 水鳥對晒池與非晒池魚塭之選擇。期透過了解養殖操作管理與水鳥利用之狀況，提供未來濕地經營管理參考。

材料與方法

一、研究地點與調查方式

本研究以七股曾文海捕魚塭區及美國魚塭區為研究地點，北起七股潟湖南至縣道 173，西起七股區大潮溝東至縣道 173 甲。調查樣區內可以自由進出道路旁的虱目魚吋苗及文蛤兩種養殖魚塭。主要調查方式為訪查漁民及觀察收穫水產生物，另輔以一些特徵為判斷依據。例如文蛤池一般不具打水車，另有些在池旁溝中培養粉紅色的光合菌；虱目魚吋苗池一般配有打水車，另會於池中培養藻類做為餌料等。

分別選擇虱目魚吋苗池 17 池 (64 ha) 及 71 池文蛤池 (148.4 ha) 為固定樣區 (圖 1)，自 2012 年 4 月至 2014 年 3 月，每月中旬進行 1 次調查。每次調查以固定人員依相同的路徑進行，並以群集計數法記錄每池魚塭的水鳥種類及數量，另註明魚塭的運作狀態。

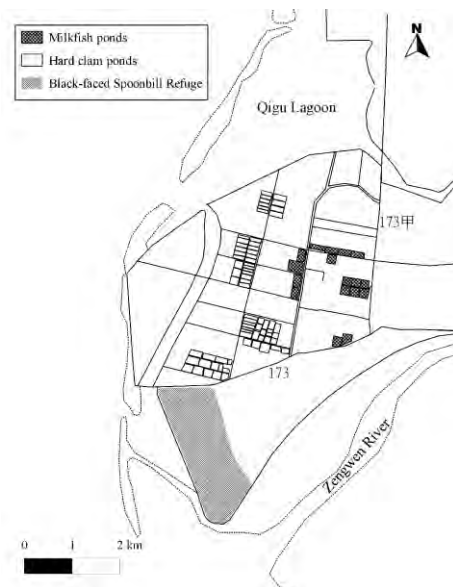


圖 1. 七股固定調查樣區的魚塭位置。

Fig. 1. The location of studied aquacultural ponds in Qigu.

本研究將「晒池」定義為：魚塢收成後將池水排乾並曝晒池底至龜裂的過程。晒池目的為利用日晒風吹將池底累積的有機質分解，並進行池底消毒與殺菌處理（葉 2001）。運作狀態分為 4 種記錄：(1) 晒池中魚塢 (drained ponds)：池水開始下降至排乾後 3/4 底土面積已晒至龜裂過程中魚塢。(2) 底土已晒乾魚塢 (dry ponds)：大於 3/4 底土面積已晒至龜裂魚塢。(3) 非晒池虱目魚池 (non-drained milkfish ponds)。(4) 非晒池文蛤池 (non-drained hard clam ponds)。非晒池魚塢定義為處於晒池以外其它任何操作狀態下魚塢。調查的過程中也透過漁民的現場訪談，實際了解魚塢的經營與操作方式，作為後續解讀資料分析結果的參考依據。

除固定樣區調查外，另配合現場觀察到正要進行晒池的魚塢進行研究。選取魚塢於開始排水至乾涸的 14 天過程中，以每兩天為 1 組，共分成 7 組進行水鳥調查。每組至少選擇 1 天調查，若兩天皆有進行水鳥調查，則取水鳥數量較多一天為代表進行分析。

調查到的涉禽種類依 Ntiamoa-baidu *et al.* (1998) 分為 4 類同功群。(1) 高視闊步覓食鷺鳥 (stalking herons)：以鷺科水鳥為代表，如大白鷺 (*Ardea alba*) 及小白鷺 (*Egretta garzetta*) 等。(2) 深水覓食鸕鶿類 (pelagic foraging waders)：同時利用視覺及觸覺於水域中覓食，如高蹺鸕 (*Himantopus himantopus*) 及青足鸕 (*Tringa nebularia*) 等。(3) 憑觸覺於灘地覓食鸕鶿類 (tactile surface-foraging waders)：如黑腹濱鸕 (*Calidris alpina*) 及紅胸濱鸕 (*C. ruficollis*) 等。(4) 憑視覺於灘地覓食鸕鶿類 (visual surface-foraging waders)：如東方環頸鸕 (*Charadrius alexandrinus*) 及太平洋金斑鸕 (*Pluvialis fulva*) 等。

二、資料分析

- (一) 以 Quantum GIS 軟體套疊 google map 衛星影像 (2012/3/1) 為參考，繪製本研究樣區魚塢圖層及計算魚塢面積。在呈現固定樣區中兩種魚塢整體水鳥密度的月分變化時 (圖 2、圖 3)，密度 (ind./ha) 以調查到水鳥總數除以該種魚塢總面積計算。其餘下列統計中使用的水鳥密度，則以每池魚塢調查到水鳥數量分別除以每池面積計算。
- (二) 晒池魚塢是否吸引水鳥水利用：將調查到「晒池中魚塢」，與其相鄰的「養殖中魚塢」配對，並以 Wilcoxon signed-rank test 比較兩者水鳥的密度差異。晒池中魚塢定義同上述調查方法分類；養殖中魚塢則指非晒池魚塢裡處於水產生物養殖階段者。相鄰養殖中魚塢由固定樣區中的選取，若數量不只 1 個，以隨機抽樣選出 1 池進行配對。選取過魚塢不再供其它組配對使用。
- (三) 晒池過程中水鳥密度變化：以 Friedman's test 比較不同晒池天數組別間的涉禽密度是否有差異，若有顯著差異再進行事後兩兩的多重比較分析 (Zar 1999)。
- (四) 兩種魚塢晒池時的水鳥組成差異：以取樣晒池魚塢記錄到每種水鳥的最大密度進行分析。水鳥密度資料先以 $\log(x+1)$ 轉換後，計算兩種魚塢之各取樣池子間的 Bray-Curtis 相似性矩陣，並以 ANOSIM 檢測鳥類組成是否有顯著差異 (Number of permutations = 10,000)。若有差異，再以 Mann-Whitney U test 比較各鳥種的密度在兩種魚塢之間是否有顯著不同。

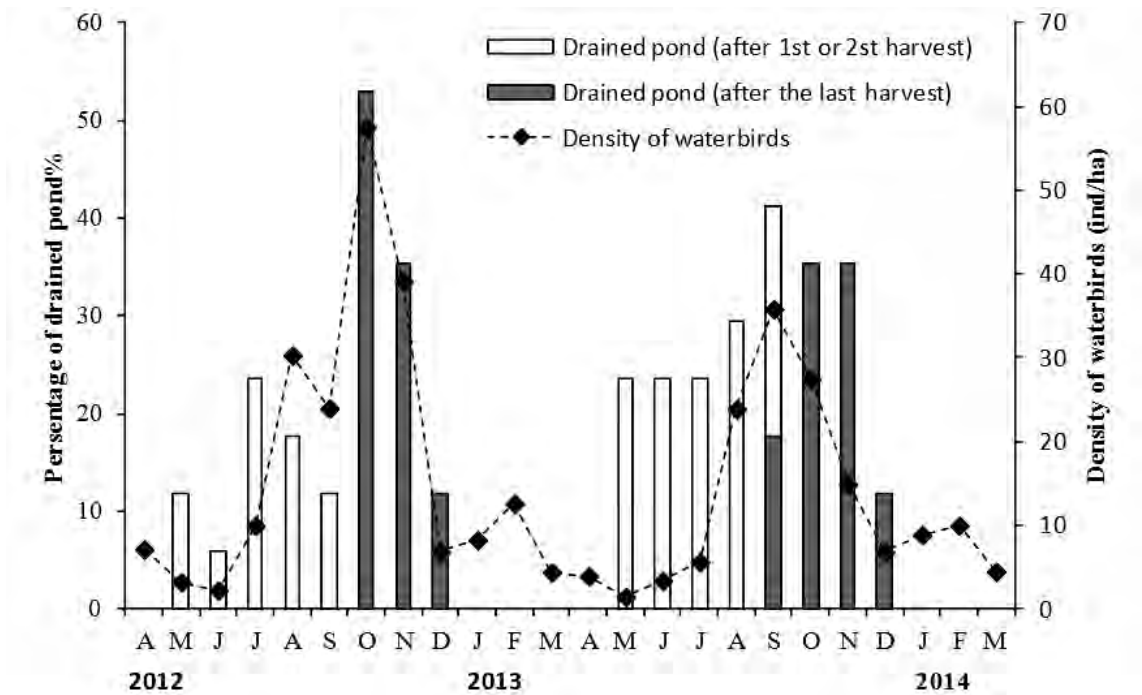


圖 2. 虱目魚時苗池樣區中水鳥密度與晒池魚塭比例之月分變化。

Fig. 2. Seasonal changes in density of waterbirds and percentage of drained milkfish ponds.

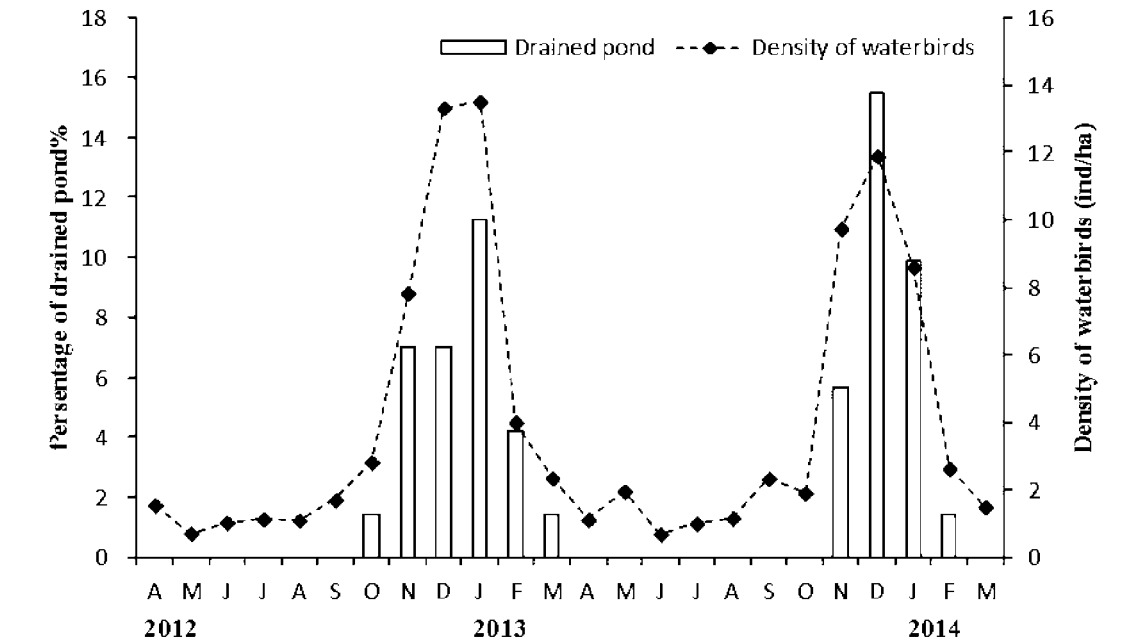


圖 3. 文蛤池樣區中水鳥密度與晒池魚塭比例之月分變化。

Fig. 3. Seasonal changes in density of waterbirds and percentage of drained hard clam ponds.

(五) 水鳥對晒池與非晒池魚塢之選擇：將魚塢依上述調查方法中的運作狀態分為 4 種，以 chi-square goodness-of-fit 比較水鳥於各類別魚塢上的數量比例是否與各類別魚塢面積比例相同。若兩者比例有顯著差異，再以 Bonferroni z-statistic 比較各類別魚塢水鳥觀察值是否高於或低於期望值 (Neu *et al.* 1974; Byers *et al.* 1984; Young 1998)。因目的為比較水鳥對晒池與非晒池魚塢的選擇，資料以兩種狀態魚塢皆存在的 9-2 月 (2012-2013 年) 進行分析。

(六) ANOSIM 以 Primer 6.0 檢測，其餘資料以 SPSS/Windows 19.0 進行統計分析。文中若無特別註明，平均值以 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 表示。

結 果

一、養殖概況及晒池時間

全區除了美國魚塢北區無法自由進入外，其餘地區 1,310 公頃 (包含道路、魚寮) 共調查到淺坪式虱目魚塢 44 池 (181 ha)；文蛤池 229 池 (636 ha)。全區文蛤池面積約為淺坪式虱目魚塢 3.5 倍。

本研究的虱目魚塢類型為吋苗養殖，魚苗放入後育成至 3-5 吋後賣出。此種養殖池為淺坪式魚塢，水深約 30-50 cm，平均面積 3.68 ± 0.89 ha ($n=17$)。虱目魚吋苗養殖季節主要於 3-11 月，每年視情況可養 2-3 批魚苗。於 5-8 月進行魚苗採收後，魚池常暫時放乾一周，之後再入水養殖下一批。最後一批魚苗集中在每年 10-11 月收成 (圖 2)，收成後進行為期約 1 個多月晒池，將水排乾後曝曬至底土龜裂。

文蛤養殖池為淺坪式魚塢，水深約 60 cm，平均面積 2.09 ± 0.81 ha ($n=71$)，為此區域最為普遍的養殖類型。文蛤池少有單養，一般

混養虱目魚及蝦類以清除池中藻類，另也有混養黑鯛 (*Acanthopagrus schlegelii*) 或黃錫鯛 (*Rhabdosargus sarba*) 以清除底層螺類。七股地區文蛤每年有兩次主要收成時間，8-10 月收第一次，11-12 月收第二次，晒池時間則集中於 11-1 月 (圖 3)。然收成後的文蛤池不一定會晒池，兩個冬季固定樣區中皆只有 32.39 % 的池子進行。所有文蛤池中，兩個冬季中只晒池 1 次的佔 47.89 %，皆未晒池的佔 45.07 %，皆晒池的只有 7.04 %。

二、晒池魚塢是否吸引水鳥水利用

將晒池中與養殖中魚塢進行配對，樣區內虱目魚吋苗池 (17 池) 兩年各只有 7 組進行比較，因較晚晒池者已無養殖中魚塢可供配對。分析 2012 年 10 月資料顯示，晒池中魚塢的水鳥密度 (151.8 ± 192.3 ind./ha) 顯著大於相鄰的養殖中魚塢 (4.8 ± 5.9 ind./ha, $z=-2.366$, $p=0.018$, $n=7$)。2013 年 9 月 ($n=1$) 及 10 月 ($n=6$) 分析結果，亦顯示晒池中魚塢的水鳥密度 (59.1 ± 83.1 ind./ha) 顯著大於相鄰的養殖中魚塢 (2.7 ± 1.4 ind./ha, $z=-2.028$, $p=0.043$, $n=7$)。

樣區內文蛤池 (71 池) 兩季各有 21 組配對進行比較。分析 2012-2013 年 10 月 ($n=1$)、11 月 ($n=5$)、12 月 ($n=5$)、1 月 ($n=7$) 及 2 月 ($n=3$) 資料顯示，晒池中魚塢的水鳥密度 (37.9 ± 46.9 ind./ha) 顯著大於相鄰的養殖中魚塢 (4.2 ± 6.1 ind./ha, $z=-3.771$, $p<0.001$, $n=21$)。2013-2014 年 11 月 ($n=4$)、12 月 ($n=10$) 及 1 月 ($n=7$) 分析結果，亦顯示晒池中魚塢的水鳥密度 (43.8 ± 69.9 ind./ha) 顯著大於相鄰的養殖中魚塢 (1.9 ± 2.4 ind./ha, $z=-3.099$, $p=0.002$, $n=21$)。

三、晒池過程中水鳥密度變化

整體水鳥密度以晒池的第 1-4 天最高，並隨

時間逐漸下降。水鳥密度於不同晒池天數間有顯著性差異 (milkfish ponds, $\chi^2=47.7$, $p<0.001$, $n=10$; hard clam ponds, $\chi^2=59.5$, $p<0.001$, $n=17$)。其中虱目魚吋苗池的水鳥密度以晒池

的第 1-4 天較高，顯著大於第 7-14 天，第 5-6 天密度則介於之間；文蛤池亦以晒池的第 1-4 天較高，顯著大於其餘天數 (表 1, 表 2)。

表 1. 各類群水鳥在虱目魚吋苗塢晒池過程的密度變化 (平均值 ± 標準差)。標有不同上標字母表示兩組密度間有顯著差異

Table 1. Density (mean ± SD) of different waterbirds groups during the draining process of milkfish ponds. Data with significant difference are marked by different superscripts

Day since draining	Density (ind/ha) of different waterbirds groups				
	Total waterbirds	Stalking herons	Pelagic foraging waders	Tactile surface-foraging waders	Visual surface-foraging waders
1-2	377.9 ± 156.6 ^a	58.9 ± 34.9 ^a	42.4 ± 30.3 ^a	238.9 ± 136.8 ^a	37.7 ± 11.4 ^{ab}
3-4	303.8 ± 152.4 ^{ab}	5.7 ± 5.3 ^{ab}	18.7 ± 21.1 ^{ab}	214.4 ± 129.9 ^a	65.5 ± 26.1 ^a
5-6	115.1 ± 71.3 ^{abc}	1.4 ± 1.3 ^{bc}	9.0 ± 11.2 ^{bc}	65.6 ± 63.0 ^{ab}	39.1 ± 15.3 ^{abc}
7-8	61.6 ± 31.7 ^{bcd}	1.1 ± 0.8 ^{bc}	3.8 ± 4.0 ^{bc}	30.1 ± 16.0 ^b	26.6 ± 15.4 ^{bcd}
9-10	35.7 ± 19.7 ^{cd}	2.7 ± 3.5 ^{bc}	2.5 ± 3.7 ^{bc}	14.8 ± 12.8 ^b	15.8 ± 9.2 ^d
11-12	51.8 ± 50.5 ^{cd}	0.4 ± 0.4 ^c	2.7 ± 3.6 ^{bc}	34.7 ± 39.3 ^b	14.0 ± 9.8 ^{cd}
13-14	30.4 ± 27.9 ^d	0.8 ± 0.7 ^{bc}	2.2 ± 3.2 ^c	15.7 ± 17.5 ^b	11.7 ± 9.2 ^d
χ^2	47.7**	35.1**	40.5**	43.9**	42.7**

Friedman's test, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, $n=10$

表 2. 各類群水鳥在文蛤塢晒池過程的密度變化 (平均值 ± 標準差)。標有不同上標字母表示兩組密度間有顯著差異

Table 2. Density (mean ± SD) of different waterbirds groups during the draining process of hard clam ponds. Data with significant difference are marked by different superscripts

Day since draining	Density (ind/ha) of different waterbirds groups				
	Total waterbirds	Stalking herons	Pelagic foraging waders	Tactile surface-foraging waders	Visual surface-foraging waders
1-2	208.2 ± 130.7 ^a	122.5 ± 118.4 ^a	58.2 ± 34.7 ^a	22.8 ± 27.9 ^b	4.7 ± 5.9 ^b
3-4	166.5 ± 117.1 ^a	18.3 ± 18.8 ^{ab}	27.7 ± 18.4 ^{ab}	112.9 ± 96.7 ^a	7.6 ± 8.6 ^{ab}
5-6	123.7 ± 88.8 ^{bc}	5.4 ± 9.9 ^{bc}	6.3 ± 6.6 ^{bc}	96.1 ± 77.7 ^a	15.9 ± 15.4 ^a
7-8	119.3 ± 80.4 ^{bc}	2.9 ± 5.1 ^{bc}	5.6 ± 5.0 ^{bc}	95.4 ± 79.2 ^{ab}	15.4 ± 13.1 ^a
9-10	63.4 ± 50.6 ^{bcd}	3.4 ± 4.9 ^{bc}	3.3 ± 2.8 ^{bc}	46.7 ± 40.9 ^{ab}	10.1 ± 9.0 ^{ab}
11-12	55.6 ± 44.1 ^{cd}	0.5 ± 0.7 ^c	3.7 ± 4.2 ^c	37.1 ± 31.2 ^{ab}	14.4 ± 11.1 ^a
13-14	30.9 ± 35.6 ^d	0.3 ± 0.5 ^c	1.2 ± 1.5 ^c	19.8 ± 24.1 ^b	9.6 ± 9.0 ^{ab}
χ^2	59.5**	65.5**	53.9**	22.7**	15.6*

Friedman's test, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, $n=17$

在各類群水鳥中，高視闊步覓食鷺鳥及深水覓食鸕鶿類集中出現於晒池初期，兩種魚塢結果相似，其密度皆於晒池的第 1-2 天最高，顯著大於第 5-14 天，第 3-4 天介於之間（表 1, 表 2）。

憑觸覺於灘地覓食鸕鶿類為晒池過程中數量最多的類群，其密度在虱目魚吋苗池晒池的第 1-4 天較高，顯著大於第 7-14 天，第 5-6 天介於之間；在文蛤池晒池的第 3-6 天密度較高，顯著大於第 1-2 天及第 13-14 天，第 7-12 天介於之間（表 1, 表 2）。

憑視覺於灘地覓食鸕鶿類為晒池中後期次多的類群，其密度在虱目魚吋苗池晒池的第 3-4 天最高，顯著大於第 7-14 天，其餘天數介於之間；在文蛤池晒池的第 5-8 天及第 11-12 天密度最高，顯著大於第 1-2 天，其餘天數介於之間（表 1, 表 2）。

四、兩種魚塢晒池時的水鳥組成差異

虱目魚吋苗 (n=10) 與文蛤 (n=17) 兩種魚塢晒池時的水鳥組成具有顯著差異 (ANOSIM $R=0.88$, $p=0.001$, number of permutations=9999)。兩種魚塢共記錄到 31 種涉禽 (表 3)，其中在虱目魚吋苗池密度顯著高於文蛤池的鳥種有中白鷺 (*Mesophoyx intermedia*)、東方環頸鴉、小環頸鴉 (*Charadrius dubius*)、高蹺鴉、小青足鸕 (*Tringa stagnatilis*)、鷹斑鸕 (*T. glareola*)、紅胸濱鸕、長趾濱鸕 (*Calidris subminuta*) 及彎嘴濱鸕 (*C. ferruginea*)。而文蛤池密度顯著較高的鳥種則有大白鷺、黑面琵鷺 (*Platalea*

minor)、灰斑鴉 (*Pluvialis squatarola*)、青足鸕及赤足鸕 (*T. totanus*)。其餘鳥種於兩種魚塢之間無顯著性差異。

五、水鳥對晒池與非晒池魚塢的選擇

就 4 類同功群選定樣區中最為普遍出現的 2 種水鳥進行分析其對於不同魚塢操作狀態之使用，其結果如下：

高視闊步覓食鷺鳥：以大白鷺及小白鷺為代表。兩種鳥於 9-11 月出現在晒池中魚塢的觀察值顯著大於期望值，此外 12-2 月出現在非晒池文蛤池的觀察值也顯著較大 (表 4a-b)。

深水覓食鸕鶿類：以高蹺鴉及青足鸕為代表。兩種鳥於 9-11 月出現在晒池中魚塢的觀察值顯著大於期望值，此外 12-1 月出現在非晒池文蛤池的觀察值也顯著較大，2 月則於非晒池虱目魚池的觀察值顯著較大 (表 4c-d)。

憑觸覺於灘地覓食鸕鶿類：以黑腹濱鸕及紅胸濱鸕為代表。兩種鳥於 9-2 月出現在晒池中魚塢的觀察值皆顯著大於期望值，此外 12-2 月出現在非晒池虱目魚池的觀察值也顯著較大 (表 4e-f)。

憑視覺於灘地覓食鸕鶿類：以東方環頸鴉及太平洋金斑鴉為代表。其中東方環頸鴉於 9-2 月出現在晒池中魚塢的觀察值皆顯著大於期望值，此外 12-2 月出現在非晒池虱目魚池的觀察值也顯著較大 (表 4g)。太平洋金斑鴉則於 9-11 月出現在晒池中魚塢的觀察值顯著大於期望值，此外 12-1 月出現在已晒乾魚塢的觀察值也顯著較大 (表 4h)。

表 3. 晒池時各種水鳥密度在兩種魚塭之比較

Table 3. Density comparison (ind/ha) of different waterbirds species in two types of fish ponds during the draining period

		Milkfish ponds (n=10)		Hard clam ponds (n=17)		P value
		Mean	SD	Mean	SD	
蒼鷺	<i>Ardea cinerea</i>	2.63	7.40	0.95	1.67	0.902
大白鷺	<i>Ardea alba</i>	4.95	7.38	32.78	33.89	0.021*
中白鷺	<i>Mesophoyx intermedia</i>	1.91	2.06	0.36	0.60	0.005*
小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	49.31	40.24	58.94	62.23	0.749
黃頭鷺	<i>Bubulcus ibis</i>	0.06	0.12	0.00	0.00	0.414
埃及聖鸛	<i>Threskiornis aethiopicus</i>	0.37	0.62	0.32	0.73	0.749
黑面琵鷺	<i>Platalea minor</i>	0.45	1.32	22.62	48.90	0.020*
灰斑鶺	<i>Pluvialis squatarola</i>	0.00	0.00	4.54	3.76	<0.001**
太平洋金斑鶺	<i>Pluvialis fulva</i>	6.36	5.20	18.48	39.77	0.824
蒙古鶺	<i>Charadrius mongolus</i>	0.32	0.31	3.61	5.01	0.204
東方環頸鶺	<i>Charadrius alexandrinus</i>	54.29	28.81	15.60	9.34	<0.001**
環頸鶺	<i>Charadrius hiaticula</i>	0.07	0.12	0.00	0.00	0.204
小環頸鶺	<i>Charadrius dubius</i>	17.55	8.41	0.02	0.06	<0.001**
高蹺鶺	<i>Himantopus himantopus</i>	15.45	16.95	2.37	2.38	0.031*
磯鶺	<i>Actitis hypoleucos</i>	0.23	0.33	0.08	0.21	0.127
青足鶺	<i>Tringa nebularia</i>	3.74	3.05	44.25	29.96	<0.001**
小青足鶺	<i>Tringa stagnatilis</i>	30.15	33.79	2.99	2.61	0.015*
鷹斑鶺	<i>Tringa glareola</i>	4.30	4.37	0.00	0.00	<0.001**
赤足鶺	<i>Tringa totanus</i>	5.83	4.78	13.85	10.81	0.050*
大杓鶺	<i>Numenius arquata</i>	0.00	0.00	0.21	0.47	0.334
黑尾鶺	<i>Limosa limosa</i>	0.09	0.30	0.00	0.00	0.675
斑尾鶺	<i>Limosa lapponica</i>	0.03	0.08	0.52	0.94	0.064
翻石鶺	<i>Arenaria interpres</i>	0.10	0.13	0.00	0.00	0.093
三趾濱鶺	<i>Calidris alba</i>	0.03	0.08	0.00	0.00	0.675
紅胸濱鶺	<i>Calidris ruficollis</i>	73.57	55.11	21.75	32.72	<0.001**
長趾濱鶺	<i>Calidris subminuta</i>	49.48	38.44	0.05	0.21	<0.001**
尖尾濱鶺	<i>Calidris acuminata</i>	0.06	0.12	0.00	0.00	0.414
黑腹濱鶺	<i>Calidris alpina</i>	116.47	76.58	158.70	144.00	0.863
彎嘴濱鶺	<i>Calidris ferruginea</i>	9.24	14.56	0.03	0.13	<0.001**
琵嘴鶺	<i>Eurynorhynchus pygmeus</i>	0.06	0.13	0.00	0.00	0.414
寬嘴鶺	<i>Limicola falcinellus</i>	0.24	0.39	0.00	0.00	0.093

Mann-Whitney U test, * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$

表 4. 2012-2013 年七股常見 8 種涉禽對不同魚塭之選擇

Table 4. Selection of different ponds by eight common species of wading birds in Qiku during 2012-2013

a. <i>Ardea alba</i>							b. <i>Egretta garzetta</i>						
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
Non-drained hard clam ponds	--	--	--	++	++	++	Non-drained hard clam ponds	--	--	++	++	++	+
Non-drained milkfish ponds	++	○	--	--	-	--	Non-drained milkfish ponds	-	○	○	--	--	○
Drained ponds	○	++	++	++	○	○	Drained ponds	++	++	+	○	○	○
Dry ponds	n.a.	n.a.	--	--	--	--	Dry ponds	n.a.	n.a.	--	--	--	--
c. <i>Himantopus himantopus</i>							d. <i>Tringa nebularia</i>						
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
Non-drained hard clam ponds	--	--	○	++	++	--	Non-drained hard clam ponds	--	○	○	++	++	--
Non-drained milkfish ponds	++	○	○	○	○	++	Non-drained milkfish ponds	--	--	○	○	-	++
Drained ponds	++	++	++	+	--	○	Drained ponds	++	++	++	○	+	○
Dry ponds	n.a.	n.a.	--	--	--	--	Dry ponds	n.a.	n.a.	--	--	--	--
e. <i>Calidris alpina</i>							f. <i>Calidris ruficollis</i>						
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
Non-drained hard clam ponds	--	--	--	--	--	--	Non-drained hard clam ponds	--	--	--	--	--	--
Non-drained milkfish ponds	--	--	--	++	++	++	Non-drained milkfish ponds	--	--	○	++	++	++
Drained ponds	++	++	++	++	++	++	Drained ponds	++	++	++	++	++	++
Dry ponds	n.a.	n.a.	--	--	○	--	Dry ponds	n.a.	n.a.	--	--	○	--
g. <i>Charadrius alexandrinus</i>							h. <i>Pluvialis fulva</i>						
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
Non-drained hard clam ponds	--	--	--	--	--	--	Non-drained hard clam ponds	○	--	--	--	--	--
Non-drained milkfish ponds	-	--	--	+	++	++	Non-drained milkfish ponds	-	--	○	--	--	--
Drained ponds	++	++	++	++	++	++	Drained ponds	+	++	++	○	○	○
Dry ponds	n.a.	n.a.	++	○	○	○	Dry ponds	n.a.	n.a.	--	++	++	++

++ 表示水鳥數量的觀察值大於期望值, $p < 0.01$; + 表示觀察值大於期望值, $p < 0.05$; ○ 表示觀察值與期望值沒有顯著差異; - 表示觀察值小於期望值, $p < 0.05$; -- 表示觀察值小於期望值, $p < 0.01$; n.a. 表示該次調查無該種魚塭。

++ = observed usage > expected usage, $p < 0.01$; + = observed usage > expected usage, $p < 0.05$; ○ = observed usage equals expected usage; - = observed usage < expected usage, $p < 0.05$; -- = observed usage < expected usage, $p < 0.01$; n.a. = habitat not present.

討 論

養殖生物的特性影響了魚塭晒池的週期與時間。虱目魚為熱帶及亞熱帶魚種不耐低溫，水溫低於 8.5°C 即會造成死亡 (Lin 1969)。淺坪式虱目魚塭由於水位較低，冬季寒流時水溫可能遽降至耐受溫度之下。為避免魚隻大量凍死，漁民每年於入冬前的 10-11 月完成捕撈及晒池工作，剩餘未上市之魚則須趕入水位較深越冬池中。

文蛤為濾食性生物，加上與其混養的魚蝦密度不高 (劉 2001)，池底累積殘餌及養殖生物排泄物的速度可能較慢，漁民為節省成本增加產量通常不會每年晒池。根據現場訪談，漁民表示一般 2-3 年晒池 1 次，與本研究實際調查兩年冬季的晒池魚塭比例 32.39 % 相近。此外養殖業者大多在每年 3 月放養文蛤新苗 (劉 2001)，因此晒池整地的時間主要就落在冬季收成至春季放養間的空檔 11-1 月。

兩種養殖於晒池中魚塭的水鳥密度皆顯著大於養殖中魚塭，說明晒池魚塭提供了較適合的棲地並能吸引水鳥利用。文蛤池的水鳥密度以 11-1 月較高 (圖 3)，亦為晒池魚塭最多的月分。虱目魚吋苗池的水鳥密度則以 8-11 月較高 (圖 2)，原因除 10-11 月為晒池高峰外，8-9 月養殖間暫時放乾的池子也吸引了水鳥利用。虱目魚吋苗池一年可養 2 或 3 批魚苗，在舊苗收成後與新苗放養之間常將池水排乾，形成與晒池魚塭相似環境，但底土不晒至完全龜裂，一般不超過 7 天即入水養殖下批魚苗。

晒池能顯著增加魚塭中水鳥的密度，但根據調查結果文蛤池每年只有 32.4 % 晒池，即使是晒池的主要月分 (11-1 月)，多數魚塭仍處於養殖中狀態，使固定樣區中的整體水鳥密度並未明顯比虱目魚吋苗池高 (圖 2、圖 3)。但

根據全區調查，文蛤池的面積為虱目魚吋苗池的 3.5 倍。因此於 11-1 月棲息在七股文蛤池的水鳥數量應高出虱目魚吋苗池。總體而言，本區虱目魚吋苗池主要提供 8-11 月的水鳥利用；文蛤池則為 11-1 月。

許等 (2010) 針對位於七股西南方約 10 公里的四草濕地進行研究，結果顯示鳥類秋過境為 9-10 月，度冬期為 11-3 月。吳 (2011) 依上述報告相同的分析方法研究位在七股的黑面琵鷺保護區，結果顯示秋過境期為 8-9 月，度冬期為 10-4 月上旬。依據上述兩篇研究，本區的虱目魚吋苗池主要供秋過境至度冬初期的水鳥利用；文蛤池則供度冬初期至中期的水鳥。

本研究兩種魚塭晒池時的水鳥組成有顯著差異，但因晒池月分不同，不易釐清為鳥類相季節變動或是魚塭環境不同造成。為進一步探討，本文以鄰近七股的四草濕地為參照，鳥類相季節變動以許等 (2010) 研究為參考依據，該篇報告包含 2003-2010 年每月 1 次的鳥類監測資料。

四草的中白鷺、小環頸鴿、高蹺鴿、鷹斑鷓、長趾濱鷗及彎嘴濱鷗，其每月的平均數量於秋過境期較度冬期多。本研究中，上述 6 種鳥在秋末初冬晒池的虱目魚吋苗池也顯著較冬季晒池的文蛤池多 (表 3)。而四草的黑面琵鷺及灰斑鴿數量於度冬期較秋過境期多，本研究中上述兩者也以冬季晒池的文蛤池數量較多 (表 3)。以上例子表示部分鳥種在兩種魚塭的數量差異，可能為鳥類相季節性變動造成。

四草的紅胸濱鷗及小青足鷗數量於秋過境及度冬期差異不大，而東方環頸鴿則於度冬期較多。但本研究中，上述 3 種鳥皆以秋末初冬晒池的虱目魚吋苗顯著較多 (表 3)。四草的大白鷺及青足鷗數量於秋過境及度冬期差異不

大，而赤足鸕則於秋過期較多。但本研究中，上述3種鳥皆以冬季晒池的文蛤池顯著較多(表3)。以上例子表示部分鳥種在兩種魚塭的數量差異，可能因其對不同魚塭環境偏好所致。

以晒池過程的變化來看，水鳥的密度隨時間明顯下降。其中高視闊步覓食鷺鳥及深水覓食鸕類水鳥只集中出現在開始晒池的第1-2天(表1, 表2)，原因與魚塭排水速度有關。此兩類水鳥覓食於水域環境中(Ntiamoa-baidu *et al.* 1998)，主要利用魚塭排水過程中暫時形成的淺水環境。根據現場調查，本區養殖業者多利用地形、潮汐及抽水機將池水於2-3日內快速排乾，致使牠們能利用時間限於晒池之初。當池水排乾後，露出潮濕底泥則成為灘地覓食型水鳥可利用的棲地，而待底土逐漸晒至龜裂，濕地環境也隨之消失。調查過程中也發現，文蛤養殖業者平均約在晒池後的第11天(11 ± 4 , $n=18$, 未發表資料)再以挖土機在池子周圍挖掘深溝，並以抽水機將滲入溝中的水抽出，以加速底土淤水排乾。

分析各類群水鳥代表物種顯示，高蹺鸕、青足鸕、大白鷺及小白鷺除晒池魚塭外，也選擇聚集在冬季的文蛤池(表4a-d)，依現場觀察此現象與魚塭水位降低有關。文蛤收成過程常將水位降低以利採收，此外為維持水質而進行換水的過程，也觀察到水位降低現象。上述狀況池水並不排乾，但暫時降低的水位常已聚集高視闊步覓食鷺鳥及深水覓食鸕類水鳥於池中捕食魚蝦。而黑腹濱鸕、紅胸濱鸕及東方環頸鸕除晒池魚塭外，也選擇聚集在冬季的虱目魚吋苗池(表4e-g)。此時期為養藻階段，魚塭先以米糠施肥後注水10-20 cm，以利培育底藻增加肥份(蘇2007)。當藻水逐漸乾涸時，露出的潮濕底土提供了灘地覓食型水鳥可覓食的棲地。上述養藻的操作在冬季一般會重

覆進行2次。而太平洋金斑鸕除晒池魚塭外，冬季也群聚在已晒乾魚塭中休息。調查曾記錄到2063隻個體同時聚集於1個已晒乾並有翻過底土的魚塭中休息(未發表資料)。

由表1及表2中的標準差可知，不同魚塭間的水鳥密度差異很大，其原因可能與池中食物條件有關。水生無脊椎動物(如多毛類、端足類、螺貝類及水生蟲等)是鸕類主要的食物(Mercier and McNeil 1994; Skagen and Oman 1996; 張2002)，研究指出水鳥會選擇具有較高食物密度的棲地覓食(蔡1994; Sanchez *et al.* 1997; Jing *et al.* 2007)。有關文蛤養殖池的研究則發現，養殖年代及底質環境影響了池中底棲無脊椎動物相(蘇1988)。是否因養殖環境差異，造成魚塭中底棲動物種類及數量不同，進而影響到前來覓食的水鳥數量有待後續研究驗證。

Taft *et al.* (2002)曾對美國加州中央谷地的濕地進行研究，發現在環境中缺乏淺水濕地時，降低實驗濕地水位能顯著增加水鳥密度；而在環境中淺水濕地數量較多時，相同的操作並無法增加實驗濕地水鳥。由上述研究推論，本研究中水位降低的晒池魚塭都能吸引大量水鳥，可能表示七股地區能提供水鳥利用的淺水濕地較為有限。

水鳥會以累積體脂肪方式因應長途遷徙所消耗的能量，例如大肚溪口南岸的黑腹濱鸕於度冬末期的3月開始增加體脂肪(李致安2002)；而秋過境期抵達的鐵嘴鸕需待累積體脂肪後再繼續南遷(曾2006)。因此遷徙前及過境期是水鳥需要大量進食以累積足夠能量的重要時刻。然七股地區養殖業者一般在春季開始放養，因此調查結果中3-5月只剩零星魚塭晒池，能提供度冬末期及春過境水鳥棲息及覓食的空間有限。

結論與建議

虱目魚吋苗與文蛤養殖池的晒池過程能吸引水鳥利用，對水鳥保育有正面助益。若能在既有養殖狀況下鼓勵養殖業者每年晒池、減緩排水速度或延後挖溝抽水時間，預期可增加水鳥利用的數量與時間。

兩種魚塢中水鳥出現的高峰月分不同，虱目魚吋苗池水鳥密度以 8-11 月較高；文蛤池則為 11-1 月。然樣區中 3-5 月缺乏如晒池等水位降低的魚塢，可提供度冬末期及春過境水鳥的棲地有限。未來七股地區的水鳥保育計畫，可將營造春季淺水濕地列為重點之一。

冬季魚塢運作方式差異，影響了不同類型水鳥對棲地的選擇。灘地覓食型鸕鶿類 (tactile & visual surface-foraging waders) 選擇冬季養藻的虱目魚塢；而高視闊步覓食鷺鳥 (stalking heron) 及深水覓食鸕鶿類 (pelagic foraging waders) 選擇收成或換水過程中水位暫時降低的文蛤池。

本研究雖計算了取樣魚塢每月的平均水鳥密度，但因缺少全區各種魚塢養殖種類的面積資料，無法估算全區整體的水鳥數量。未來若能取得完整的養殖資料，並透過分層取樣法針對各種魚塢以適當面積比例進行調查，方能有效評估整個養殖區域每月有多少的水鳥利用。

引用文獻

牛俊英，張斌，袁曉，王天厚。2011。上海市南匯東灘圍墾後海岸帶濕地冬春季水鳥生境選擇。動物學研究 32: 624-630。
行政院農業委員會漁業署。2012。中華民國 101 年台閩地區漁業統計年報。

吳靜雯。2011。細數主棲地的春夏秋冬。黑面撈杯37: 2-6。

張家維。2002。利用覆網實驗研究四草野生動物保護區冬季鸕鶿科候鳥覓食對其餌食生物豐度之影響。彰化師範大學碩士論文。

許皓捷，李培芬，周大慶。2010。四草溼地鳥類群聚的時間動態。2012 年台南濕地生物資源與經營管理研討會論文集。

曾文生。2006。黑腹濱鸕與鐵嘴鸕非體脂肪重量之推估：利用全身電導度分析法測量。東海大學碩士論文。

華寧，馬志輝，馬強，宋國賢，湯臣棟，李博，陳家寬。2009。冬季水鳥對崇明東灘水產養殖塘的利用。生態學報 29: 6342-6350。

楊曼瑜。2006。不同漁塢經營策略對水鳥組成的影響。台灣大學碩士論文。

葉信利。2001。鯛魚類養殖要點-養殖漁業經營管理手冊技術篇。陳秀男(編)。漁業署養殖特刊第 5 號 33-35 頁。行政院農業委員會漁業署。

劉富光。2001。文蛤養殖要點-養殖漁業經營管理手冊。陳秀男(編)。漁業署養殖特刊第 5 號 49-53 頁。行政院農業委員會漁業署。

蔡嘉揚。1994。大肚溪口濱鸕數量季節和空間的變化與其主食端腳類之相關。東海大學碩士論文。

賴家欣。2012。宜蘭地區冬季收割稻田的水鳥分布及其與環境之關係。台南大學碩士論文。

蘇永銘。1988。台西地區文蛤養殖池底棲動物相之研究。台灣大學碩士論文。

蘇茂森。2007。水產試驗所特刊第 9 號 8-9 頁。行政院農業委員會水產試驗所。

Athearn, N. D., J. Y. Takekawa, J. D.

- Bluso-Demers, J. M. Shinn, L. A. Brand, C. W. Robinson-Nilsen and C. M. Strong. 2012. Variability in habitat value of commercial salt production ponds: implications for waterbird management and tidal marsh restoration planning. *Hydrobiologia* 697(1): 139-155.
- Byers, C. R., R. K. Steinhorst and P. R. Krausman. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 48: 1050-1053.
- Catry, T., J. A. Alves, J. Andrade, H. Costa, M. P. Dias, P. Fernandes, A. I. Leal, P. M. Lourenço, R. C. Martins, F. Moniz, S. Pardal, A. Rocha, C. D. Santos, V. Encarnação and J. P. Granadeiro. 2011. Long-term declines of wader populations at the Tagus estuary, Portugal: a response to global or local factors? *Bird Conservation International* 21(4): 438-453.
- Cheek, M. D. 2009. Commercial shrimp ponds versus seminatural mudflats as wading bird foraging habitat in northwest Ecuador. *Waterbirds* 32(2): 248-264.
- Dias, M. P. 2009. Use of salt ponds by wintering shorebirds throughout the tidal cycle. *Waterbirds* 32: 531-537.
- Elphick, C. S. and L. W. Oring. 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *Journal of Applied Ecology* 35(1): 95-108.
- Galbraith, H., R. Jones, R. Park, J. Clough, S. Herrod-Julius, B. Harrington and G. Page. 2002. Global climate change and sea level rise: potential losses of intertidal habitat for shorebirds. *Waterbirds* 25(2): 173-183.
- Jing K., Z. Ma, B. Li, J. Li and J. Chen. 2007. Foraging strategies involved in habitat use of shorebirds at the intertidal area of Chongming Dongtan, China. *Ecological Research* 22: 559-570.
- Lee, C. W., G. Y. Kim, J. D. Jang, B. B. Bhandari and G. J. Joo. 2006. Water level fluctuation and habitat use pattern of wintering waterbirds in the Junam Reservoir area, South Korea. *Journal of Bioscience* 17(2): 79-92.
- Evans-Ogden, L. J., S. Bittman and D. B. Lank. 2008. A review of agricultural land use by shorebirds with special reference to habitat conservation in the Fraser River Delta, British Columbia. *Canadian Journal of Plant Science* 88(1): 71-83.
- Li, D., S. Chen, H. Lloyd, S. Zhu, K. Shan and Z. Zhang. 2013. The importance of artificial habitats to migratory waterbirds within a natural/artificial wetland mosaic, Yellow River Delta, China. *Bird Conservation International* 23(2): 184-198.
- Lin H. S. 1969. Some aspects of milkfish ecology. Chinese-American Joint Commission for Rural Reconstruction. Fisheries Series 17: 68-90.
- Lu, J. F. 2005. Factors affecting habitat selection by waterbirds at temporarily abandoned fish farms in the southwestern coast of Taiwan and their application in the restoration of wetlands for conservation. Ph.D. Dissertation. Department of Biology,

University College London.

Ma, Z., B. Li, B. Zhao, K. Jing, S. Tang and J. Chen. 2004. Are artificial wetlands good alternatives to natural wetlands for waterbirds? – A case study on Chongming Island, China. *Biodiversity and Conservation* 13(2): 333-350.

Masero, J. A. 2003. Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving waterbirds: salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. *Biodiversity and Conservation* 12(6): 1157-1173.

Mercier F. and R. McNeil. 1994. Seasonal variation in intertidal density of invertebrate prey in a tropical lagoon and effects of shorebird predation. *Canadian Journal of Zoology* 72(10): 1755-1763.

Neu, C. W., C. R. Byers and J. M. Peek. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *The Journal of Wildlife Management* 38(3): 541-545.

Ntiamoa-baidu, Y., T. Piersma, P. Wiersma, M. Poot, P. Battley and C. Gordon. 1998. Water depth selection, daily feeding routines, and diets of waterbirds in coastal lagoons in Ghana. *Ibis* 140: 89-103.

Safran, R. J., C. R. Isola, M. A. Colwell and O. E. Williams. 1997. Benthic invertebrates at feeding locations of nine waterbird species in managed wetlands of the northern San Joaquin Valley, California. *Wetlands* 17(3): 407-415.

Sánchez, M. I., A. J. Green and E. M. Castellanos. 2006. Spatial and temporal

fluctuations in presence and use of chironomid prey by shorebirds in the Odiel salt pans, south-west Spain. *Hydrobiologia* 567(1): 329-340.

Skagen, S. K. and H. D. Oman. 1996. Dietary flexibility of shorebirds in the western hemisphere. *Canadian Field-Naturalist* 110(3): 419-444.

Sripanomyom, S., P. D. Round, T. Savini, Y. Trisurat, and G. A. Gale. 2011. Traditional salt-pans hold major concentrations of overwintering shorebirds in Southeast Asia. *Biological Conservation* 144(1): 526-537.

Stroud, D. A., A. Baker, D. E. Blanco, N. C. Davidson, S. Delany, B. Ganter, R. Gill, P. González, L. Haanstra, R. I. G. Morrison, T. Piersma, D. A. Scott, O. Thorup, R. West, J. Wilson and C. Zöckler. 2006. The conservation and population status of the world's waders at the turn of millennium. *In*: Boere, G. C., C. A. Galbraith and D. A. Stroud (eds.). *Waterbirds around the world*. pp. 643-648. The Stationery Office, Edinburgh, UK.

Taft, O. W., M. A. Colwell, C. R. Isola and R. J. Safran. 2002. Waterbird responses to experimental drawdown: implications for the multispecies management of wetland mosaics. *Journal of Applied Ecology* 39(6): 987-1001.

Takekawa, J. Y., C. T. Lu and R. T. Pratt. 2001. Avian communities in baylands and artificial salt evaporation ponds of the San Francisco Bay estuary. *Hydrobiologia* 466: 317-328.

- Toral, G. M., D. Aragonés, J. Bustamante and J. Figuerola. 2011. Using Landsat images to map habitat availability for waterbirds in rice fields. *Ibis* 153(4): 684-694.
- Tourenq, C., R. E. Bennetts, H. Kowalski, E. Vialet, J. Lucchesi, Y. Kayser and P. Isenmann. 2001. Are ricefields a good alternative to natural marshes for waterbird communities in the Camargue, southern France? *Biological Conservation* 100(3): 335-343.
- Velasquez, C. R. 1992. Managing artificial salt pans as a waterbird habitat: species' responses to water level manipulation. *Waterbirds* 15(1): 43-55.
- Young, L. 1998. The importance to ardeids of the Deep Bay fish ponds, Hong Kong. *Biological Conservation* 84: 293-300.
- Young, L. and G. Chan. 1997. The significance of drained fish ponds for wintering waterbirds at the Mai Po Marshes, Hong Kong. *Ibis* 139: 694-698.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*, 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.