

## 關渡自然公園水稻田供為野鳥棲地之研究 Investigation on Rice Field as Bird Habitats in GanDau Nature Park

台灣大學農業工程學系碩士

台灣大學生物環境系統工程學系教授

邱文雅

張文亮

Wen-ya Chiu

Wen-lian Chang

### 摘 要

關渡自然公園水稻田區配合自然公園的成立，其經營管理的運作目標以提供生態利用價值為其主要目的，其中之一即是鳥類棲地的功能。水稻田土壤翻耕時的操作有助於增加土壤中的含氧量及鷺科鳥類的群聚覓食，並達到最大群數 40 隻。關渡水稻田為水鳥所利用的時機以一期稻作的插秧期較多，適逢候鳥北返時節，鳥類利用此區為棲息地，水稻田蓄水型態與淺水池相似，水深 3~8 公分，為水鳥於清晨及黃昏時所利用，以秧苗流失的情形估計水鳥對於水田初期耕作的影響。水稻田於插秧期，秧苗受水鳥干擾流失的比例約為 10~19%，而綜合整期稻作生產期間水稻受損的比例最高約 38%。本研究以標準化之莫氏散佈指數，調查水鳥對水稻田的利用是否屬群聚性，經由插秧期及收穫期對流失稻苗在空間上分佈的調查中顯示，關渡水稻田中部分坵塊流失之秧苗呈現顯著的群聚性，為野鳥所利用。水稻田在不施農藥與有機肥的生態經營方式下，本區影響水稻產質的最主要因素還是在洪水的問題。

**關鍵詞：**濕地，水稻，野鳥。

### ABSTRACT

Paddy rice fields located in GanDau Nature Park is very similar to manmade wetlands and one of its primary purposes is serving as habitats for wildfowl. Taking ecological and habitat factors into consideration, it will increase wildfowl feeding and resting under proper management. The purpose of this study is to survey the spatial distribution of wildfowl during the first season crop in GanDau Nature Park. Wildfowl use paddy rice fields as temporary habitats during the initial stage of the first crop cultivation, since irrigation water was stored in the fields with a depth of 3 to 8 cm. The

percentage of rice shoots damaged by birds is about 10 to 19% and up to 38% during the whole season. Standard Morisita Dispersion Index is used to investigate the degree that paddy fields used by birds. It shows that damaged rice shoots are significantly clumped in the paddy fields near the northern ponds. After organic fertilizers and organic manures were used for cultivation, yields and qualities of harvest in the first year are decreased from 0.37kg/m<sup>2</sup> to 0.29 kg/m<sup>2</sup>. However, flooding in this lowland area is the main factor that causes decreasing harvest yields.

**Keywords:** Wetlands, Paddy rice, Wild birds.

## 一、前言

在面臨社會大環境的改變，以及加入世界貿易組織(WTO)對農業產生的衝擊下，水稻田在農業生產結構中所扮演的角色不斷在調整。從早期以生產為主的經濟功能，逐漸邁向提供景觀多樣性及維持生態環境等非經濟性的貢獻，對於水田對環境所能提供的生態性價值評估法也引起相當多的討論(吳祖揚, 1996)，包括來自於防洪、水源涵養的效益(陳明健, 1995; 彭克仲, 1999)以及調節氣候的效益(吳淑麗等人, 2001)等。由於水稻田的特性與濕地類似，水鳥會以水田作為棲地(Mitsch and Gosselink, 1993; Tourenq et al., 2001)，在臺灣水稻田在推動「三生」觀念，即水田具有生產、生活、生態的價值(吳淑麗等人, 1996)，水稻田亦可提供作棲地營造。然而，水鳥選擇農田作棲地，也與農地的面積、農地內淹水水澤的範圍、候鳥遷移路線間的距離、農地的隱密性、農地的水深及水位變化、水中的食物等因子有關(Granforads and Flake, 1999)，並不是所有水稻田都能滿足這些條件。

Elphick and Oring (1998)提出水稻田供水鳥棲息，在水田管理上尚需考慮淹水期距。淹澇期與稻桿處理不妥便會使水田過渡厭氧，產生不利水鴨前來的硫化氫、甲烷氣體。所以淹水期距不要超過 10 天，不同水田的平均淹水深要有差異性，才能在濕地上有多樣化的棲息環境，例如水深 3-13 公分適合大部分的海岸邊的鳥種，9-20 公分水深吸引鷺科的鳥，18-26 公分吸引雁鴨科的鳥，24-33 公分吸引具潛水性覓食鳥種。至於

稻桿處理也建議採多樣化，有些鳥種適合殘株存留的淹水田區，有些鳥類適合沒有殘株存留的自由水面。

水稻田的生態經營方式，取決於所選定的經營標的，農耕的操作方式可以營造成水田棲地的模式，在不同的操作方式下會吸引不同的鳥種。將水稻田營造為水鳥棲地的經營，則需要定期翻耕土壤增加土地氧化程度，也可藉翻耕土壤吸引陸生鳥類前來覓食除蟲(張文亮, 2001)；並在水鳥前來時期保持浸水深度，將採收稻穗後的稻桿拌入土壤以促進分解，並增加水中食物鏈所需之有機質(Elphick and Oring, 1998)。

位於台北市近郊的關渡自然公園內有 17 公頃的水稻田，為台北市政府所有。該地區之水文狀況，每一年有 1~2 次全區淹水的狀況下，水稻的產量與品質皆低(張文亮和邱文雅, 2001)。文獻顯示稻穗能提供較高的熱量為冬候水鳥的主要食物(Brouder and Hill, 1995; Miler and Wylie, 1995; Reid and Heitmeyer, 1995)，根據 Miller (1987)在美國加州 Sacramento 的水稻田區所作的研究，冬季時尖尾鴨胃部的食物分析中 93.3%的食物是稻穗為食物，而在其他季節則以稗子種子與昆蟲(如 boatman, midge larvae, water beetles)為主食物。但依據關渡鳥類出現的頻率區分，候鳥出現最高頻率是在十月下旬，主要是小水鴨，十一月底是候鳥出現的最高峰，其它冬候鳥持續至一月時才逐漸離去。此時正值二期作的結穗期(十二月至一月)，水鳥大都留在水稻田區西側的水澤內活動，即使田區未做任何人工嚇阻性驅鳥設施，甚至將稻穗留放於水稻梗上，水鳥

並未進入攝食稻穗(張文亮和邱文雅, 2001), 但陸鳥對稻穗的利用率較高。鳥類出現的第二個高峰是在三月, 而此時又正值北部水稻第一期的種植期, 水鳥對水田的利用時機經常是在水稻田一期作的插秧期(三月至四月)。到五月後就大量減少。六月間仍留在自然公園最多的鳥種包括鷺科如黃頭鷺、小白鷺、夜鷺, 與鷺亞科鳥種如灰頭鷺、褐頭鷺。

台灣地區的水稻田長期是以生產供人食用為主要的考量, 很少考慮其他的用途, 少有研究提供野鳥在水稻田覓食與棲息的情形。本研究的目的是以關渡自然公園內的水稻田為例, 以現場實際調查數據分析一、二期作水稻田與停耕時野鳥的棲息狀況, 觀察水鳥對於關渡水田區的利用, 以及生態經營的具體耕作方式對鳥類覓食的影響及稻作產質進行研究, 以評估水稻田供作鳥類棲息的生態功能。

## 二、材料與方法

### (一) 調查區域

關渡濕地保護區內的水稻田位於關渡自然公園的東方, 東經 121°28', 西緯 25°07'之處, 每年十二月至翌年四月維持在 15~20°C, 七月至九月的平均氣溫在 28~29°C, 平均年降雨量 291.5 公厘, 面積有 17 公頃, 佔全關渡自然公園的三分之一。該區域的蒸發散量約為 1300 公厘/年, 所以關渡平原在四月至十月的豐水期並不缺乏水份的供給, 淺層地下水約在地面下 1~2 公尺處, 故適合種植水稻不適合旱作。水田區南、北各有人工水池, 面積分別為 1.15 公頃及 0.4 公頃。農作物以水稻為主, 一年二期作, 每期作生長約 120 天, 水稻田區的灌溉水源來自八仙圳渠道, 但並非每一條八仙圳的分渠都會進入關渡濕地, 只有數條圳路的尾端會流入濕地的水稻田區, 水流在這些渠道內皆以重力方式流動, 渠道皆具混凝土內面工。水稻田東側及北側以木本植物間隔私人的農田作為分界。水稻田區呈南北長、東西窄的走向, 水稻田的南側為基隆河, 間隔有一防潮堤與一防汛道路, 此處有一賞鳥高台。水稻採農業機械方式種植與採收, 水稻種植

於第一期作(三月至七月), 第二期作(九月至一月)係原植株生長之再生稻。

### (二) 實驗調查

關渡平原的鳥種類與數量很豐富, 根據劉小如等人(1999)的調查, 在關渡平原的西南隅, 這塊自然公園鳥類在九月至翌年六月的觀察中, 出現鳥的總數有 109 種, 鳥類的數目有 37,375 隻, 以稻田為主要棲地及活動地區的鳥種如紅鳩、麻雀、文鳥與鷺科鳥類等, 雁鴨科鳥類對於稻田的利會率較低, 而是以淺水池為其主要棲地型態。

期作開始前, 耕耘機會進行翻土的作業, 將農業田區之土壤與前一年二期作所留下之老根頭一同拌入土壤中, 有助於增加農地土壤之肥力, 以利下一年度之耕作進行作預備。適時的對土壤進行翻土, 將空氣拌入土壤中, 促進土壤氧化還原的進行, 亦將根系土層中之底棲動物帶至土壤表面。記錄土壤翻土的在不同面積下吸引前來的鳥數, 鳥數的定量是以著陸於調查區內顏色易於區分之鳥隻列入計算。

關渡地區的水稻田耕作第一期作一般是二月間整田浸水, 浸水深約 6 到 8 公分, 一星期後插秧, 此時之水田與淺水池之棲地型態相似, 三個月後於六月底收割, 而插秧期正好碰上雁鴨科水鳥北返停留於關渡之際, 雁鴨科水鳥會於清晨及黃昏時進入插滿秧苗的水田中, 取食秧苗底部的苗種, 而造成新插秧苗的損失。水稻種植方式配合採用粗放耕作方式, 每一植株之間距約為 30 公分, 調查單位平方面積的植苗數, 種植期間不架設捕鳥網及驅鳥設施。以隨機採樣方式於 17 公頃的農業田區中取 5 處田坵 C、E、F、G、H 作為調查對象, 如圖 1 所示。間隔二週後至研究範圍的現地依取樣之坵塊, 各坵均以北為方向每 5 公尺插一標桿, 每坵塊內進行數重覆實驗調查, 橫向記錄流失的秧苗數。再於一期作收穫前, 於同一田坵依相同之樣線進行缺植率調查。

### (三) 水田產質調查

關渡水稻田有機作業的方式始於 2000 年二

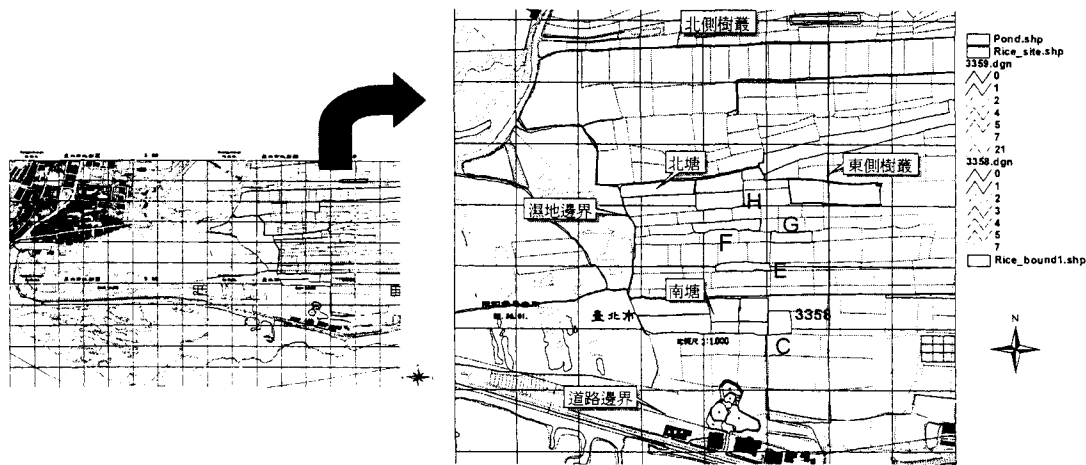


圖 1 關渡農業田區之研究範圍，位於關渡自然公園之東側，面積 17 公頃，農業田區之研究範圍，分別為 C、E、F、G、H 等五處田坵，目前以種植水稻為主要作物。農業田區之邊界特性與二處人工水池，分別是東側樹叢、北側樹叢、濕地邊界、道路邊界、南塘與北塘

月的第一期作，資料蒐集從 1999 年到 2001 年，並以 1999 年的第二期作產質作為對照。水稻生長期間定期至現地稟記錄水稻生長情況，調查項目包括株高、水深、分蘗數等水稻生長參數。延續有機肥料的水稻施肥方式耕種，施用有機肥 41 號。達收割時期，將水稻採回實驗室後，置於 40℃ 烘乾去除水分，自水稻植株上取下穀粒，將實粒與空粒分開。調查分析各期作之坵塊單位面積的平均產量，千粒重是以計數實粒稻穀每一千粒之平均重量；空殼率則是每一株空殼穀粒數量所佔該株稻穀數量之百分比；每平方公尺之產量是單位面積下生產之飽實粒重量。水稻產質分析所選取之坵樣位置圖如圖 2 所示，之坵樣位置圖，其中 A~F 等六處為歷年產質調查之舊樣區，H 及 I 為九十年新增加之二處樣區。

### 三、理論與方法

分析生物在空間位的分佈特性，本研究採用的是標準化莫氏散佈指數 (Standardized Morisita's Index, Smith-Gill, 1975)，因為水鳥的活動行為為群聚性，藉由散佈指數 (indices of dispersion) 可以判定水鳥若以水稻田為棲地時，所導致秧苗流失的情形是否同樣具有群集性，或是為均勻分佈的常態事件。由散佈指數所判斷出的秧苗

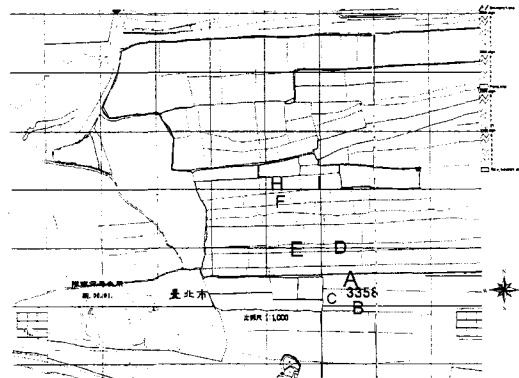


圖 2 圖中所示之 A、B、C、D、E、F、H 及 I 為八處稻作產質調查

受損分佈型態，進一步反推鳥類在選擇棲地時的生態特性。該指數由 Morisita 於 1962 年提出，

$$I_d = n \left[ \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \right] \dots\dots\dots (1)$$

$I_d$  表莫氏散佈指數 (Morisita's Index)， $n$  為樣本數， $\sum x$  表各樣方的計數總合。經過 Smith-Gill (1975) 將莫氏散佈指數修正其值在 -1.0 到 1.0 之間，在其指數計算中加入上、下臨界點，並得到呈現均勻分佈或群聚分佈的均勻性分佈指數 (uniform index,  $M_u$ )

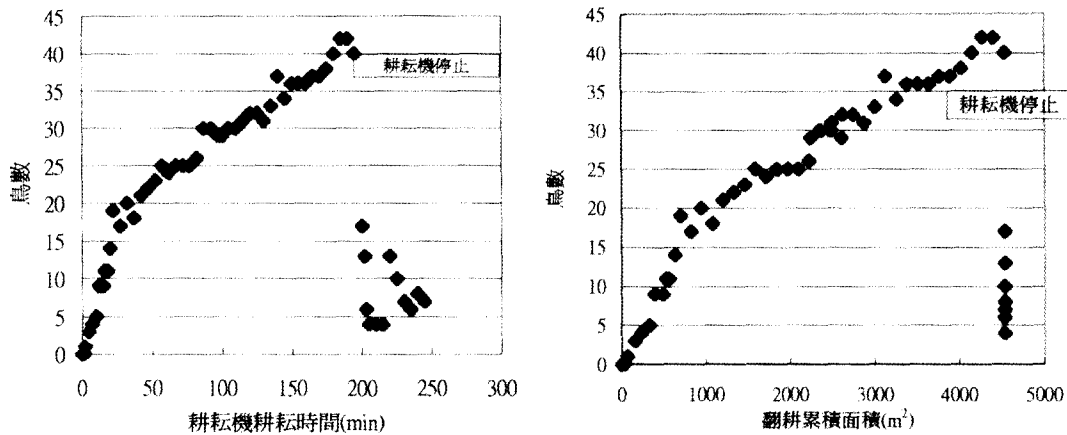


圖 3 土壤翻動對於鳥類行為的影響。(a)耕耘機運轉操作之時間與所吸引的鳥數關係；(b)耕地之翻土面積與鳥數關係，圖中呈現對於鷺科鳥類的覓食行為與耕地翻土面積成正比。

$$M_u = \frac{\chi^2_{.975} - n + \sum x}{(\sum x_i) - 1} \dots\dots\dots(2)$$

以及群聚指數(clumped index,  $M_c$ )

$$M_c = \frac{\chi^2_{.025} - n + \sum x}{(\sum x_i) - 1} \dots\dots\dots(3)$$

其中  $\chi^2_{.975}$  及  $\chi^2_{.025}$  分別表示自由度在(n-1)時，卡方分配面積在 97.5%以上及 2.5%以下的統計值。由  $M_u$  及  $M_c$  二指數的大小關係而得修正後的莫氏散佈指數( $I_p$ )。當  $I_d \geq M_c > 1.0$  時，

$$I_p = 0.5 + 0.5 \left( \frac{I_d - M_c}{n - M_c} \right) \dots\dots\dots(4)$$

當  $M_c > I_d \geq 1.0$  時，

$$I_p = 0.5 \left( \frac{I_d - 1}{M_c - 1} \right) \dots\dots\dots(4)$$

當  $I_p$  值為零時，表示該分佈為隨機；大於零表群聚分佈， $I_p$  值大於零且大於 0.5 者，表示具有顯著性的群聚；反之， $I_p$  值小於零為均勻分佈，小於零且小於-0.5 者，具有顯著性的均勻分佈。

#### 四、結果與討論

##### (一) 翻耕時調查計數該作業方式對鳥的吸引程度

根據劉小如等(2000)對關渡地區鳥類對棲地利用的調查顯示，黃頭鷺、中白鷺及小白鷺以水稻田及草澤為其常用棲地型態。觀察過程中，耕耘機以每小時 0.14 公頃的工作速度進行翻耕，土壤翻耕時鳥類受吸引而前來，觀察中的鳥種多為鷺科鳥類，包括黃頭鷺及埃及聖鷺數隻以及其它體型較小的鸕鶿科鳥類。隨著翻耕的面積愈大，所吸引來的鳥類數量也隨之增加，特別是在初期工作的 50 分鐘期間，鳥數增加的速度是後期的三倍。但由於在此農業田區活動的鷺科鳥類達特定數量，50 分鐘後即成緩慢穩定增加，調查結果顯示，當鳥數達到約 40 隻時，鳥數就不再增加，空中亦無盤旋將至之鳥類，並維持此群聚數量數十分鐘。待耕耘機移位至它處田坵時，鳥群亦紛紛移位至它處坵塊。如圖 3(a)及(b)所示為耕耘機動作與鳥數之關係圖。依據劉小如(1999；2000)對春季鳥類在關渡農田區分佈的文獻顯示，1999 年及 2000 年分佈在農田區的鳥數從 1 到 50 隻不等，群聚最大值在 40 到 50 隻之間，土壤翻耕有助於鳥類之覓食行為。

##### (二) 農業田區於插秧期秧苗受鳥類的損害程度調查

農業田區於插秧期水田蓄水深有約 6 公分，由於水田此時的地貌與淺水池型態相似，調查過程中可於數塊田坵之邊緣灘地發現許多鷺

表 1 九十年第一期作坵樣中插秧期秧苗之流失率及收穫期之補植率

Sample	C1	C2	C3	C4	E1	E2	G1	G2	F1	F2	F3	H1	H2	H3
水深 (cm)	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	6.0	6.5	5.0	4.5	5.5	8.0	5.0	4.5	3.0
田坵面積 (m <sup>2</sup> )	35*35	35*35	35*35	35*35	13*85	13*85	15*40	15*40	20*41	20*41	20*41	25*75	25*75	25*75
插秧期平均倒苗比	5%	3%	0%	0%	2%	16%	2%	9%	3%	3%	7%	2%	2%	7%
收穫期平均補植率	0%	2%	0%	1%	7%	6%	-*	-*	7%	11%	3%	12%	38%	9%

\*該樣區之水稻於收穫期調查前即已完成收割，故缺少該樣區之調查資料。

科鳥類及水鳥的腳印，水田中並有因外來因素而導致漂浮於水面的秧苗。於農業田區中以隨機取樣 5 處田坵進行插秧期鳥類對秧苗的破壞程度調查工作，此五樣區之面積為 0.56 公頃，佔農業田區總面積 17 公頃的 3.3%。如表 1 所示為田坵中受到破壞之倒苗比例，此時正值三月份，為一期作之插秧期，受到影響的苗數其秧苗流失率約為 10~19%，發生在農業田區中央位置的 E 區。與鳥類分佈資料圖進行比對，1999 年分佈在 E 坵塊的水鳥如 科，在春季，不分種類的鳥數依調查約有 5 到 20 隻。在插秧期之秧苗流失調查之後，農民仍持續進行補苗的工作。

水田耕種經過補苗及四個月的生長期後，七月份時為該一期作之收穫期，再度對五處坵塊同樣之數條樣線進行水稻株數之調查。調查中以結穗狀況之青穗及熟穗作為區分，並定義青穗者為經過補植後之稻株。調查結果如表 1 所示，田坵 A 與 B 的補植率在收穫期調查中向下減少，表示經補植後，秧苗受損情形減緩，呈現正常生長進度。部分坵樣由於在調查前已經收穫，無法進行數據蒐集。由收穫前的調查結果發現，水稻之補植率最高達 38%，發生在最接近北塘即水鳥棲息地之 H 樣區，如圖 4 所示為二階段調查之比較。依 2000 年的文獻顯示，在 H 坵塊附近活動的鳥類是以雁鴨科居多，還有行鳥科，朱鷺科及鷗科等，且數量在調查期間從 10 到 95 隻不等。該文獻所提供之資料與秧苗調查進行期間，H 坵倚北之田坵改以淺水池經營，深度約 50 公分，同時吸引許多之水鳥在清晨及黃昏時棲息於此。

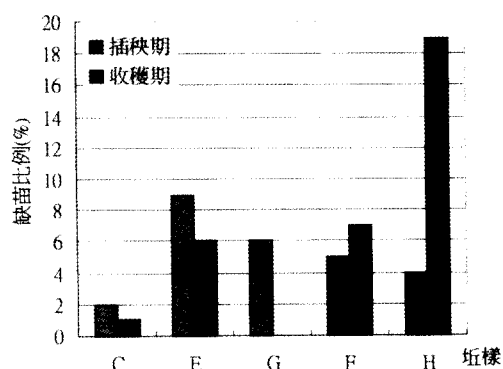


圖 4 水稻田秧苗流失率在插秧期與收穫期受鳥類影響之補植率比較。圖中所示二時節差距最大者為最接近北塘之坵樣 H。

根據所調查各坵塊秧苗的流失數，其分佈型態依指數計算結果，如表 2(a)所示，插秧期的調查中除坵塊 E 之莫氏修正散佈指數 0.18 小於 0.50 未呈現顯著的群聚分佈外，其餘各坵塊 C、G、F、H 之散佈指數均大於 0.5 呈現顯著性群聚型分佈，表示水鳥對此五區利用的機率較高使得流失的秧苗在空間分佈上較為集中，關渡水稻田區之整體調查莫氏修正指數為 0.56 大於零仍屬群聚型分佈。表 2(b)所示為收穫期對同樣線已補苗量的調查，表中顯示坵塊 H 之莫氏修正散佈指數 0.6 大於 0.5 是調查樣區中唯一有顯著性群聚性分佈的坵塊。坵塊 G 由於缺乏資料無法進行討論，而坵塊 C、F 則在群聚性分佈上不顯著，其指數分別為 0.19 及 0.46。坵塊 E 之莫氏修正散佈指數為 -0.09 小於零，表示不具群聚性，其為均分佈，但亦不屬隨機分佈型態。

表 2(a) 插秧期流失秧苗之 Morixita 修正散佈指數

坵塊	C	E	G	F	H
莫氏指數 ( $I_d$ )	2.06	1.60	1.35	1.08	1.33
均勻性指數 ( $M_u$ )	0.75	0.99	0.95	0.92	0.95
群聚性指數 ( $M_c$ )	1.58	1.06	1.20	1.22	1.15
標準化莫氏指數 ( $I_p$ )	0.60	0.79	0.59	0.18	0.55

表 2(b) 收穫期流失秧苗之標準化 Morixita 散佈指數

坵塊	C	E	G*	F	H
莫氏指數 ( $I_d$ )	1.60	0.99	-	1.16	1.41
均勻性指數 ( $M_u$ )	0.32	0.98	-	0.94	0.99
群聚性指數 ( $M_c$ )	2.59	1.08	-	1.17	1.03
標準化莫氏指數 ( $I_p$ )	0.19	-0.09	-	0.46	0.60

\* 表缺少該樣區之調查資料

表 3 民國 88 年二期作至 90 年第一期作之歷年稻作產量密度、千粒重與空殼率差異比較

Site	1999 年二期稻作			2000 年一期稻作			2000 年二期稻作			2001 年一期稻作			2001 二期稻作		
	產量 (g/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	空殼率 (%)	產量 (g/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	空殼率 (%)	產量 (g/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	空殼率 (%)	產量 (g/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	空殼率 (%)	產量 (g/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	空殼率 (%)
C	188.2	18.6	34.0	-	16.2	36.1	270.0	21.0	34.4	727.4	21.5	21.1	89.7	17.0	62.2
D	405.4	24.9	26.1	421.4	19.6	21.4	244.0	25.2	22.2	786.3	20.5	32.4	50.9	18.5	47.2
E	-	19.9	36.7	344.5	17.6	47.4	392.2	22.0	24.4	595.4	19.0	27.5	82.4	22.0	61.8
F	441.4	21.0	26.0	84.4	18.7	88.1	211.5	21.8	25.7	881.5	24.0	24.5	43.2	17.7	36.9
平均值	345.0	21.1	30.7	283.4	18.0	48.2	279.4	22.5	26.7	747.6	21.3	26.4	53.2	18.8	52.0

同一期作中，坵塊 H 藉由水稻流失及補植的調查中皆呈現顯著的群聚性分佈，推論野鳥對於此區的利用性較高。坵塊 F 則均未呈現出顯著的群聚性分佈，初部推論水鳥對於該區作為棲地的利用率明顯。調查前後二次呈現較大差異的是坵塊 C 及 E。坵塊 C 的群聚性隨著二次的調查而減少，坵塊 E 則由顯著的群聚性轉換成微均勻的分佈性，其差異性有待進一步的研究。

關渡濕地農業田區四周同時有河川，道路與濕地等不同土地利用條件。研究區域內於南北處各設有經人工開挖之水池，北塘面積約 0.4 公頃經常性水深 50 公分。南塘約 1.15 公頃，因與潮汐溝相通水深變化受潮汐影響，退潮時為裸露之泥灘地，一般高潮位時可達水深 20 公分。環境條件對於水鳥選擇棲地的影響仍有待進一步研究。

### (三) 有機作業方式下的稻作產量調查

由歷年資料重疊部分中挑出 C、D、E、F 等四樣區比較，包括 1999 年之二期作、2000 年之第一期、二期作以及 2001 年之第一期、二期作的產量密度、千粒重以及空殼率，如下表 3 所示。1999 年二期稻作的產量密度為每平方公尺 0.35 公斤。2000 年一期稻作第一次進行有機耕作時，是將肥料的施用採以有機肥，產量為每平方公尺 0.28 公斤，與對照年份之產量減少約 20%。台灣地區二期稻作的產量通常比一期稻作之產量低約 25%，同年度第二期作是以再生稻方式不重新翻土插秧，並將收割後的稻桿留於農地，伴隨殘留根頭入土分解，二期稻作產量再為降低，較同為二期稻作之對照組降低約 20%。根據 Molisch (1937) 所提及植物與植物間造成損害之生化交互作用中，互損化合物通常會透過揮發、滲漏、殘

表 4 民國 88 年至 90 年淡水氣象站月累積雨資料 (單位：mm)

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
1999 年	85.3	22.2	199.3	50	301.5	204.1	62.8	60.8	66.9	138.9	41.0	139.9
2000 年	100.1	266.4	115	385.1	29.2	277.4	132.2	279.3	131.3	253.6	467.2	206.9
2001 年	173.9	62	143.2	166.4	251.7	116	146.2	103.4	1353.6	98.8	22.9	40.9

表 5 關渡水稻田區二期再生稻之生長狀況及灌溉水質

變數	株高 (cm)	分 數	酸鹼值	電導度 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	溶氧 (mg/l)	生化需氧量 (mg/l)	化學需氧量 (mg/l)
2001 年 8 月	42~84	13~27	4.5~5.4	750~3500	3.0~5.2	15~25	25~54
2001 年 9 月	76~94	22~30	6.0~6.8	1250~3920	4.2~5.3	15~28	30~62
2001 年 10 月	93~101	25~31	6.2~6.7	2010~2900	4.8~5.6	15~17	26~35
2001 年 11 月	97~105	25~31	4.0~6.3	4140~5110	4.1~5.6	18~28	30~45

餘作物之分解以及根部分泌之方式釋放至外在環境。此一現象可說明在水稻田生態中，二期作產量低於一期作之原因(吳富春和許銘熙，1995)。

水稻田區之土壤原先施用的是化學肥料，基肥方面包括過磷酸鈣、氯化鉀及硫酸銨等再額外添加其它肥料，於 2000 年施以有機肥 41 號，土壤經過一年之有機肥調整後，2001 年一期稻作之平均產量密度增加為每平方公尺 0.75 公斤，稻穀之平均千粒重為 21.3 公克，空殼率為 26.4%。該一期作的產量約是八十九年第一期的 2 倍。而稻作品質也較去年同期之一期稻作為佳。千粒重由 18 公克提升至 22.5 公克，空殼率也由 48.2% 降低至 26.4%。二次差異大的原因並不排除是由於第一次施行有機耕作導致土壤肥力下降以及互損作用等因素。如表 3 所示為交通部氣象局所提供淡水測站之雨量資料顯示 2000 年一期作於四月份水稻抽穗期時，降量達 385.1 公釐，亦是使得水稻產量密度一降的原因之一。

2001 年二期稻作之產質分析與往年相差許多並大幅減產，其產量每平方公尺僅 0.05 公斤，空殼率大幅上升至 52%，約為 2000 年二期稻作及 2001 年一期稻作的二倍，並與 2000 年一期稻作之空殼率相當，千粒重則維持在不佳的 18.8 公克。根據 2001 年二期稻作期間，關渡水稻田區灌溉水質之監資料顯示(如表 5 所示)，其導電

度值有逐次增加的現象，顯示有海水滲入的情形。一般灌溉水質的電導度標準限值在  $750\mu\text{s}/\text{cm}$ ，而關渡自然公園農業田區灌溉水之電導度卻經常維持在限值之上，最高濃度甚至達到  $5100\mu\text{s}/\text{cm}$  之上。農田地區長期使用鹽份過高之灌溉水，將致使土壤鹽化，餘留的農業水田地區將因水質的劣化而致使稻作生長受阻，此為造成該期稻作產量驟減之原因之一；再者，影響該二期作產量最大的原因就在於，稻作生長階段之抽穗期又遇到 2001 年 9 月之娜莉颱風來襲，洪水將地勢低窪之關渡農田區完全淹沒，該月份之平均降雨量達 1353.6 公釐，導致稻作產量及品質皆不佳。

## 五、結論與建議

關渡自然公園農業田區的稻作是台北地區僅剩不多的水田耕作區之一。面積雖僅有 17 公頃，但在生態面及環境教育面卻提供不少的效益，在經營管理上有以下建議：

1. 關渡農業田區的經營管理應該著眼於生態價值的提供。雖然水鳥類對於稻作的影響性集中在每年一期作的插秧期，但造成秧苗流失的比例依本次研究結果最多在 10%~19%。而影響種作產量最大的原因是在於關渡水稻田區地處低窪地區，每年的洪水使得稻作產質不佳，因此關渡水稻田



區可若採取粗放式有機經營，投入低能量之生產及人事管理成本，達到提供生態用途的目的吸引鳥類於此棲息覓食。

2. 水田經營管理繼續延續，並提高灌溉深度。水鳥類大部分的棲息地點以接近濕地的淺水池或灘地主，偶而進入田區之中，但是在春季水田有蓄水的插秧時期。建議水田的經營方式可加增田埂高度，採以深水灌溉之方式插秧初期蓄水深度為 3 公分，之後加深灌溉水深至 20~25 公分。深水灌溉有助於增加關渡自然公園內的淡水水域面積，作為水鳥棲息用地卻又同時具有較佳的稻作經濟效益。深水田由於水深在 25 公分，可同時成為魚類即淡水水生物之棲地，魚種的選擇可包括福壽螺的天敵。福壽螺一直是水稻田區的問題，增加水稻耕種的施苗成本，同時有助於對於部分水田改種其它植物。由於農業田區是以生態經營的方式的原則，在不施用除螺農藥的條件下，水深的調整是較佳的物理方法。依文獻顯示，關渡農業田區曾試植大甲蘭草作為環境教育用途卻受到大量福壽螺的影響而受損。
3. 避免灌溉水質不良導致的土壤鹽化。關渡農業田區之稻作面積應予以維持不該再減少，除人為延續水稻田之經營外，灌溉水質劣化致使鹽份累聚於水稻田區土壤之中影響稻作生長的水質問題值得注意，減緩植被植相的快速變遷，如嗜鹽性的植物將進入田區與稻作形成競爭、演化等。
4. 南區水田建議改用淡水濕地的經營管理方式。南區水田之稻作產量不佳，經常施用高鹽份灌溉水使得消失的茫茫鹹草進入南端之農業田區與稻作並生。可利用現況，採用大面積的水生植物復育，同時保留關渡地區原生之水生植物茫茫鹹草的生育面積，但應避免任其再鹽份及其它更具競爭力之植物進入，而再次取代茫茫鹹草的地位，以維持關渡自然公園園區內植物種的多樣性。

## 誌 謝

本研究的進行蒙台北市政府「關渡自然公園農業田區生態化經營與管理研究」計畫的經費補助方得進行。台灣大學生物環境系統工程系學生王慧萍、林英傑、何易儒、高裕群、林信宏、林秉石及邱創洲參與現場調查，在此致上謝意。

## 參考文獻

1. 張文亮，邱文雅，2001。關渡自然公園內水稻田區之生態管理研究，*中華生質能源學會會誌* 20(1-2): 13-23。
2. 張文亮，2001。關渡自然公園水稻田委託經營管理暨生態功能研究，台北市政府建設局。
3. 邵廣昭，張文亮，邱文良，謝蕙蓮，巫文隆，鄭明修，馬堪津，劉小如，吳海音，李培芬，林幸助，1999。關渡自然保留區及關渡自然公園環境監測與研究，台北市政府建設局。
4. 邵廣昭，張文亮，邱文良，謝蕙蓮，巫文隆，鄭明修，馬堪津，劉小如，吳海音，李培芬，林幸助，2000。關渡自然保留區與自然公園生物資源變遷之研究(二)，台北市政府建設局。
5. 吳富春、許銘熙，1995。水田之生態環境，*農業工程學報*，41(4): 13-18。
6. 吳淑麗、林荔華、陳鈞華，1996。水田對「三生」功能效益估算模式之研究，財團法人曹公農業水利研究發展基金會研究報告。
7. 吳淑麗、張可盈、陳鈞華，2001。水田之溫度和緩效應量化評估之研究，*農業工程研討會*，台北市。
8. 吳祖揚，1996。水稻田價值評估法芻議，*農業工程學報*，42(2):1-7。
9. 彭克仲，1999。農業用水水源移用對環境生態之經濟分析，*屏東科技大學學報*，8(3): 223-236。
10. 陳明健，1995。水田涵養水資源的非市場效益，*台灣土地金融季刊*，32(3):91-106。
11. Brouder, S. M., and J. E. Hill, 1995. Winter

- flooding of rice-lands provides waterfowl habitat. *California Agriculture*. 49(6): 58-64.
12. Elphick, C. S. and L. W. Oring. 1998. Winter management of Californian rice field for waterbirds. *Journal of Applied Ecology* 35: 95-108.
  13. Granfords, D. A. and L. D. Flake. 1999. Wood duck brood movements and habit use on prairie rivers in south Dakota. *Journal of Wildlife Management* 63(2): 639-649.
  14. Miller, M. R., and G. D. Wylie, 1995. Residual rice seed is critical food for waterfowl. *California Agriculture*. 49(6): 61.
  15. Miller, M. R.. 1987. Fall and winter foods of northern pontails in the Sacramento Valley, California. *Journal of Wildlife Management* 51(2): 405-414.
  16. Mitsch, W. J., and J. G. Gosselink, 1993. *Wetlands*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, N.Y.
  17. Molisch, Hans, 1937. Der einfluss einer pflanze auf die andere, allelopathie, von Hans Molisch. Mit 15 abbildungen im text., Jena, Verlag von Gustav Fischer, Germany.
  18. Reid, F. A., and M. E. Heitmeyer. 1995. Waterfowl and rice in California's Central Valley. *California Agriculture* 49(6): 62-64.
  19. Smith-Gill, S. J. 1975. Cytophysiological basis of disruptive pigmentary patterns in the leopard frog *Rana pipiens*. II. Wild type and mutant cell specific patterns. *Journal of Morphology* 146: 35-54.
  20. Tourenq, C., W. Aulagnier, L. Durieux, S. Lek, S. Mesleard, A. Johson and J. L. Martin. 2001. Identifying rice fields at risk from damage by the greater flamingo. *Journal of Applied Ecology* 38:170-179.

收稿日期：民國 88 年 10 月 6 日

修正日期：民國 91 年 9 月 25 日

接受日期：民國 91 年 10 月 14 日