

# 苗栗姊妹泉圳生態復育對中華花鰍棲地之影響

## Effects of Ecological Restoration for Habitat of the *Cobitis sinensis* at Jie-Mei Spring Channels of Miaoli

國立台灣大學  
生物環境系統工程學系  
研究生

鍾尹婉  
Yin-Wan Chung

國立台灣大學  
生物環境系統工程學系  
教授

張文亮\*  
Wen-Lian Chang

### 摘 要

近年來，農田水路的發展型態已不再只追求引水灌溉之便利性，生態工程逐漸受到重視，生存於圳路內之魚蝦蟹貝和周邊植物，得以恢復生存空間。苗栗農田水利會砂岡圳姊妹湧泉第一期生態工程(上圳)，拓寬渠道斷面並營造深潭之棲地型態，圳內亦設置固床工減緩流速，此一工程施作營造出適合中華花鰍覓食、繁殖和躲避之棲息環境。經過 2009 年 5 月和 7 月之野外調查，相較於未實施生態工程之姊妹泉下圳，上圳之水流速度較緩、水深較深，且花鰍數明顯較多，結果顯示生態水路之營造成果，使圳路與農田之間發揮生態廊道的效益。由野外調查、水質和土壤之實驗分析，可發現中華花鰍對深水潭、草溝和砂土有偏愛之選擇性，而對深流、急流和壤土則選擇迴避。

**關鍵詞：**生態工程，中華花鰍，棲地型態。

### ABSTRACT

In these recent years, the developing pattern of the farmland's waterway is not only seeking a better way for irrigating, people are paying much more attention to the ecological construction, all the living animal in the water and surrounding plants, they could have their living environment restored due to the ecological construction. Miaoli city irrigation association's first period of the ecological construction, they broaden the waterway, try to have a deeper water living environment, also set up some stones to reduce the water flow, this construction was successfully creating a habitation environment of food, breeding and avoid attacking for *Cobitis*, a genus of ray-finned fish. After researched

\*通訊作者，國立台灣大學生物環境系統工程學系教授，10617 台北市大安區羅斯福路 4 段 1 號，wenlian@ntu.edu.tw

in May and July of 2009, compared to the waterway without ecological construction, we found out the *Cobitis* love to live in the environment that we created, because it has slower water flow and deeper water, the result showed us that the ecological waterway is a great achievement, beneficial result between the waterway and farmland. After the research, laboratory analyzing of water quality and soil, we could see *Cobitis* is partial to the environment with this construction, avoid the quick water flow living area.

**Keywords:** Ecological construction, *Cobitis*, habitation type.

## 一、前言

以農業發展為主體的台灣，農田水路在空間上形成密集的網路分布，也因此成為動植物在遷徙與繁殖上的良好棲地環境，但在農業建設開發與拓展之時，往往造成物理環境的改變，同時也使灌溉和排水措施改變原來的生態系統，且影響範圍超過直接接觸設施的區域(吳與許，1995)，施設使農水路產生渠道化的效應，造成棲地喪失或是廊道中斷的現象，加速棲地破碎化與邊緣效應的發生。隨著水利建設設備及工程技術上的轉變，且因應時代對生態環境上的需求，逐漸改以結合生產、生活、生態的農業型態(沈等，2008)和生物安全及多樣性為導向的工程規劃，降低水利工程設施對自然環境造成的衝擊，以上多面向的考量，足以顯示農業與生態之間的重要性。

本研究之調查物種－中華花鰍(*Cobitis sinensis*)為鰻行式(anguilliform)魚類，此種游泳型態之魚種，有下列幾項特點：鰻行式游法之魚種，有長距離遷徙之習性，且在移動的過程中，需要充分利用水流(Vogel, 1994)；鰻行式魚類可以保存最大的能量，因為其被認為有最高的游泳能量成本(Webb, 1988)。鰻行式魚類被實驗證實在感官上產生的推力較鱗行式(carangiform)魚類來的平順，其往復移動所表現之淨力明顯低於鱗行式魚類，也因此說明了鰻行式魚類的生活環境的流速是較無變化的(Borazjani and Sotiropoulos, 2008)。

與中華花鰍同為鰍科魚類之泥鰍(*Misgurnus anguillicaudatus*)為台灣昔日水田間常見的魚類，曾有學者針對泥鰍之分布與農水路環境關係

進行探討，並將中華花鰍與泥鰍列為相互競爭者，而泥鰍喜愛的棲息環境主要有：蜿蜒的曲流、有遮蔽物的覆蓋、土水路；而其最不适合之環境為：坡陡和落差大之跌水工、三面內面工以及混擬土水路(游等，2008)，因此可能在上述的環境中發現或是未發現中華花鰍。

鱖魚鰍(*Tiaroga cobitis*)的生活史與棲地環境經溪流調查研究，該魚種屬於生命週期短的地方性小型魚類，其棲地範圍隨溪流大小而改變，對棲地的利用性與魚體大小有關，此種魚種雖然有寬廣的適應能力，但失去其棲地範圍仍會造成滅亡的危機(Rinne, 1989)；鱖魚鰍生命週期各階段對喜愛的微棲地是不同的，胚胎時期(embryos)主要附著於大礫石(rubble)上，幼苗時期(larval)多半在小粒徑(sand)之底質環境出現，少年時期(juvenile)則居於流速稍快，底質粒徑較大的環境，成熟時期(adult)棲息地分布較廣，多棲息於水深 20 cm、流速 0.3-0.4 m/s 及粒徑介於 1.6-25.6 cm 之砂礫(gravel)和卵石(cobble)底質(Propst and Bestgen, 1991)。

台灣西、北部之中華花鰍與台灣南部之中華花鰍間，有明顯的種別差異，由於地理環境和雨量氣候的影響下，南北地區花鰍族群之生殖遺傳有分化之現象；依不同的水文環境型態，加上地理隔離因素而形成其特殊之「r 選擇傾向(r-selection)」生殖策略，花鰍生活週期特徵是：魚體為小型魚種、成長時間短且速度快、早熟、每年可多次生殖且孕卵數多，以上各項特點皆是花鰍為了適應不穩定水域環境之繁衍現象(王，2005)。

底棲性魚類對其棲地環境或底質依賴性較高，必須有好的適應方式才能在各種水域環境中生存，台灣底棲性魚類種類眾多且特殊，例如：鰕虎、爬岩鰕、塘鱧…等魚種，雖然種類豐富多樣，但族群數量卻受限於棲地水質與底質環境影響，並未皆達到族群數量穩定的現象，反倒有部分物種因數量過少，而被列為稀有珍貴之等級；分布於歐亞大陸各地的花鰕屬(*Cobitinae*)魚類，依目前台灣魚類資料庫(Fish Base, 2011)之統計，因發現者的不同而有 109 種的命名，但有效學名僅有 61 種，其外型構造雖然大致上與中華花鰕相似，但各魚種因地區性之不同，已特化成各地區之特殊性魚類，外型上除了魚體斑紋之顏色和紋路有所差別外，胸鰭骨質盤之形狀和直徑也不盡相同，尾巴的形狀和面積大小亦因區域性之不同而各有差異，更重要的是：有部分花鰕屬魚種已經被列為低危險(Lower Risk, LR)之亞級—安全(Least Concern, lc)等級，如：長鰕(*Cobitis elongata*)，甚至有許多已被列瀕臨滅絕(Endangered, EN)之等級，如：考氏鰕(*Cobitis calderoni*)、沼澤鰕(*Cobitis paludica*)、西班牙鰕(*Cobitis vettonica*)等，且還有許多花鰕屬之魚種是尚未經過物種保育等級之評估，上述資料結果顯示，該屬魚類種與種之間的數量差別甚大；為了預防物種數量的銳減因而導致滅絕，研究調查的工作更應提早著手進行。

本研究針對中華花鰕於農田水路棲息環境進行調查，目的是為了探求圳路環境因子條件對花鰕族群數量造成影響，同時亦將花鰕置於室內之人工渠道進行水流實驗，測試不同粒徑之底質環境對花鰕承受水流速度變化的程度，以期望未來在農田水路之生態化工程，或是河川整治工程中，可做為參考依據。

## 二、理論模式

為了探討農田圳路中的水體流速與深度、水質和土壤，影響中華花鰕對各水域環境之選擇性，因而先以福祿數(Froude Number)對農田圳路之水流特性加以分類，再使用選擇性比例(Forage Ratio)計算花鰕對各水域環境中物理因子的偏愛

程度，對應圳路各樣點的花鰕數量，藉以得到花鰕對水域環境各條件之趨性。

### 2.1 福祿數

福祿數為慣性力和重力效應之比，當福祿數之數值大於 1 時，表示慣性力對流動之影響較重力為大，稱為超臨界流(Supercritical flow)，為水深小、流速湍急之流況；而當福祿數數值小於 1 時，稱之為亞臨界流(Subcritical flow)，為水深大、流速緩慢的流況。

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times L}} \dots\dots\dots (1)$$

$Fr$ ：福祿數，慣性力與重力效應之比

$V$ ：水流速度，單位：m/s

$g$ ：重力加速度(9.8 m/s<sup>2</sup>)

$L$ ：水深，單位：m

有學者以福祿數之數值將棲地型態分成三類類型(Jowett, 1993)，分別是：福祿數數值小於 0.18、介於 0.18 至 0.41 之間和大於 0.41，而各代表的水域型態為潭(pool)、深流(run)、急流(riffle)。本研究將調查樣點之流速及水深轉換成福祿數值後，亦循此分類方式歸類出福祿數之個數，並加上福祿數等於 0 此一項目，進行下列選擇性比例運算。

### 2.2 選擇性比例

選擇性比例廣泛應用在調查生物物種對環境的選擇性，藉此了解物種棲地特性，選擇性指數之範圍介於 0 到 $\infty$ ，其值若大於 1，則對此一選項為偏愛，若小於 1，表示選擇迴避(Krebs, 1999)。

$$w_i = \frac{o_i}{p_i} \dots\dots\dots (2)$$

$w_i$ ：物種數量對應棲地之選擇性

$o_i$ ：物種隻數之百分比

$p_i$ ：棲地類型之百分比

$i$ ：代表各個樣本

將選擇性之值加以標準化，使標準化後之總和為 1，其公式如下：

$$B_i = \frac{w_i}{\sum w_i} \dots\dots\dots(3)$$

$B_i$ ：標準化之選擇性指數

上述之計算方式是假設所有資源都被完全使用，所以並沒有考慮棲地比例的誤差( $p_i$ )，因此以  $H_0$  假設：物種對資源之選擇是隨機的，進行卡方檢定：

$$\chi^2 = 2 \sum_{i=1}^n \left[ u_i \ln \left( \frac{u_i}{U p_i} \right) \right] \dots\dots\dots(4)$$

$u_i$ ：物種隻數

$U$ ：物種總隻數

$p_i$ ：棲地類型之百分比

$\chi^2$ ：物種對棲地有選擇性之卡方檢定

### 三、實驗與方法

#### 3.1 現地概述

本研究調查樣點位於苗栗縣公館鄉中義村之砂岡圳姊妹湧泉，其經緯度為東經 120°48'46.77、北緯 24°30'53.46。其兩處水源源頭皆為自然常流之湧泉，灌溉面積達 34 公頃，圳路生態工程建構是以營造生態綠網及生物多樣性為設計重點，對於砂岡圳姊妹湧泉全區域改善工程規劃期程，分為第一期(上圳)與第二期(下圳)方式進行工程實質改善施工，目前已完成第一期之工程施工(財團法人農業工程研究中心，2008)。

第一期工程(上圳)：生態工程段全長 303 公尺，兩側採多孔隙石頭護岸，以增加水生生物生長棲地，並於左岸設置 4 個 10 m × 3 m 之矩形深潭提供水生生物棲息和避難之空間，圳路於 19.7 公尺處將渠道拓寬，並分別於 45 m、95 m、140 m 三處渠道中央設有石頭固床工，將圳路分隔成 4 個互通的生態池，增加底質的多樣性，並提供附近居民之賞魚空間及親水環境，另外於 107 公尺處將渠道縮減為原來之寬度，後段圳路維持原有渠道三面光混凝土砌岸(財團法人農業



圖 3.1 砂岡圳姊妹湧泉第一期(上圳)圳路生態化工程完成面貌

工程研究中心，2008)，如圖 3.1。

第二期工程(下圳)：現階段還未進行生態工程的施作，兩側護岸仍由 20 公分以上之大石頭堆砌而成，上游段有居民使用部分圳路段養鴨，而中游段(旁為獻穀田)多為大粒徑石塊(5 cm 以上~20 cm 以下)固定於底床，水流速度快且急(0.33~0.84 m/s)，水深僅介於 15~22 cm，民眾於圳路上方搭建棚架，種植絲瓜、瓠瓜、茄子等作物，下游段轉為三面光混凝土砌岸且渠道稍微變寬，流速逐漸減緩，水流深度依然很淺(14 cm~24 cm)，圳路內開始出現許多福壽螺。圳路右側為水稻田(獻穀田)，稻田寬度為 6.2 公尺，稻田右側有另一直徑 15 cm 的圓型涵管注入來自上游的水源，並於田的右側形成一約 50 公分左右之小土溝渠，如圖 3.2 及圖 3.3。

上下圳交會處：兩圳匯流後之圳路上方有一鴨子圈養處，並於下游方向約 2 公尺處，圳內水生植物叢生，泥沙淤積嚴重且流速非常緩慢，如圖 3.4。

#### 3.2 調查物種

中華花鰍之科學分類為：脊索動物門(Chordata)、輻鰭魚綱(Actinopterygii)、鯉目(Cypriniformes)、鰍科(Cobitidae)中的花鰍屬(Cobitinae)之魚類，俗名有花鰍、胡溜、沙鰍、沙溜、土鰍等別稱。其外形如圖 3.5。



圖 3.2 砂岡圳姊妹湧泉(下圳)未施作生態工程之原始面貌



圖 3.4 砂岡圳姊妹湧泉上下兩圳匯流處



圖 3.3 砂岡圳姊妹湧泉下圳右側草溝



圖 3.5 調查魚種—中華花鰕

中華花鰕屬於台灣原生種，主要分布於中央山脈以西的低海拔水域，目前廣泛分布於歐亞大陸。中華花鰕為初級淡水魚，活動於低海拔溪流的淺潭區，棲息於砂質底質且水質清澈的溪流底部，生性機靈，遇到危險即鑽入沙中躲藏；食性為雜食性，以濾食砂泥中之有機物碎屑、藻類及水生昆蟲為生。繁殖期為 3~9 月，群體交配而產下無黏性的沉性卵於河川底層，受精卵約 24 小時後孵化(邵與陳，2003)。

中華花鰕、大鱗副泥鰕(*Paramisgurnus dabryanus*)和泥鰕三種鰕科魚種的胸鰭，有以下的特徵表現：此三種魚種之胸鰭外型依性別之不同分為兩類，雄魚胸鰭的第一根硬棘延長而使胸鰭呈現鐮刀狀，雌魚則無延長的硬棘，胸鰭呈現扇形，且雄魚胸鰭長度較長、雌魚較短(劉，1996)。

### 3.3 調查方法

野外調查分別於 2009 年 5 月及 7 月中旬至砂岡圳姊妹湧泉之上下圳，進行環境與生物量調

查。本研究之魚體採集方法是使用籠具捕捉，籠具尺寸大小為口徑 16.5 cm、長度約 37 cm 之中型魚籠，另將米糠參水並搓成圓球狀，置於籠具內做為誘餌，隨機佈設於圳路各處，放置一日後回收魚籠並檢視籠具中之魚獲量。採獲魚體經過種類鑑定和數量統計後，隨即野放，僅保留中華花鰵帶回實驗室，進行室內渠道之流速實驗。

設置魚籠之樣點，待魚籠回收後同時採集水樣及土樣，且現場量測項目有：圳路斷面、流速、水深以及水樣之溶氧、溫度、酸鹼度、電導度，而後將水樣及土樣帶回實驗室進行水質和土壤分析，水質檢測的項目有：懸浮固體物、總磷、正磷酸鹽、硝酸鹽、硫酸鹽氯鹽、碳酸根、碳酸氫根、葉綠素 a；土壤分析實驗則是：粒徑分析、質地分析、有機質和總有機碳。各項檢測方法和使用儀器依環境檢驗所水質檢測方法及國家標準(CNS)檢索系統之土壤檢測方法實行。

#### 四、結果與討論

本研究分別於 2009 年 5 月及 7 月中旬至砂岡圳姊妹湧泉之上下圳，進行環境與生物量調查，現場除量測圳路斷面、流速及水深外，亦採集水樣和土樣帶回實驗室進行水質和土壤分析。

野外調查於五月在姊妹泉上、下圳各設置 4 個樣點，七月分別設置 13 個樣點，另於兩圳匯流處設置 1 樣點，共獲得 36 個水理環境樣本點，所得之流速和水深，經福祿數公式運算，已施作生態工程之上圳圳內，各樣點(上游段至下游段)皆屬於福祿數小於 0.18 之潭型水流環境(Jowett, 1993)，而未施作生態工程之下圳圳內，上下游之間流速變化大，上游段流速較緩、水深較深，福祿數與上圳一樣同為 0.02，亦屬於潭型棲地；而至中游段，水流快速且深度淺，福祿數高達 0.70 形成急流型棲地型態，下游段渠道稍微變寬，水流速度減緩，福祿數逐漸下降，介於 0.38-0.10 之間，屬於深流型、深潭型棲地型態；兩圳上游至下游之福祿數變化如圖 4.1。

根據 Jowett 之福祿數-棲地形態分類表，歸類兩圳之棲地型態類別，得到各個棲地類型之個數，以此結合捕獲之花鰵數量，經 Forage Ratio

表 4.1 中華花鰵對棲地之選擇性：以福祿數-棲地類型分類

|               | Fr = 0 | 潭    | 深流   | 急流   | 總和    |
|---------------|--------|------|------|------|-------|
| Fr 個數         | 11     | 15   | 9    | 1    | 36    |
| 棲地比例( $p_i$ ) | 0.31   | 0.42 | 0.25 | 0.03 | 1     |
| 花鰵隻數( $u_i$ ) | 11     | 14   | 1    | 0    | 26    |
| 花鰵比例( $o_i$ ) | 0.42   | 0.54 | 0.04 | 0    | 1     |
| 選擇性(W)        | 1.38   | 1.29 | 0.15 | 0    | 2.83* |
| 選擇性比例(B)      | 0.49   | 0.46 | 0.05 | 0    | 1     |
|               | 偏愛     | 偏愛   | 迴避   | 迴避   |       |

\*花鰵對棲地有選擇性之值，經卡方檢定得到： $p < 0.05$ 。

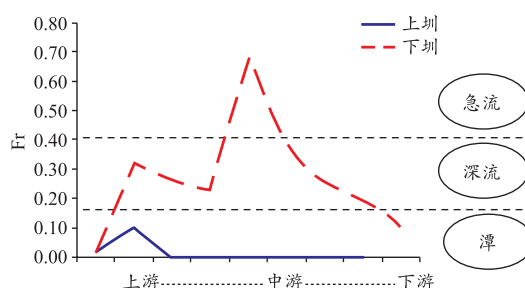


圖 4.1 姊妹泉圳上游至下游福祿數變化

之統計可得到如表 4.1 之結果：在福祿數低於 0.18 時，花鰵對此環境的選擇機率高達 95%，而在福祿數介於 0.18-0.41 之深流型棲地，花鰵對此環境的選擇性僅有 5%的機率，福祿數高達 0.41 以上之棲地環境，花鰵即對此地沒有選擇性，水流快速且深度淺的環境不適合花鰵之生存，而水流緩慢之潭型環境，為花鰵最喜愛的棲地類型。為證實花鰵對其不同之棲地型態有選擇性，其選擇性之值經卡方檢定可得 95%之信賴區間( $p < 0.05$ )。

另外針對中華花鰵對於四種棲地類型的選擇性，彼此之間進行相關性檢定，「Fr = 0 與潭之間」和「深流與急流之間」，沒有顯著差異，而「Fr = 0 與深流之間」、「Fr = 0 與急流之間」、「潭與深流之間」以及「潭與急流之間」皆有顯著差異( $p < 0.01$ )。

土壤樣本之採集僅於 7 月調查批次採集 27 處樣點之土壤，土樣帶回實驗室後進行土壤粒徑分析(CNS11776)，並依照美國農部(USDA)土壤質地劃分表判別採集土壤之質地性質，所得之結

表 4.2 中華花鰍對棲地之選擇性：以採集之土壤分類

|               | 砂土    | 壤土   | 砂質粘壤土 | 總和    |
|---------------|-------|------|-------|-------|
| 土樣個數          | 22    | 4    | 1     | 27    |
| 棲地比例( $p_i$ ) | 0.81  | 0.15 | 0.04  | 1     |
| 花鰍隻數( $u_i$ ) | 12    | 0    | 2     | 14    |
| 花鰍比例( $o_i$ ) | 0.86  | 0    | 0.14  | 1     |
| 選擇性(W)        | 1.05  | 0    | 3.86  | 4.91* |
| 選擇性比例(B)      | 0.214 | 0    | 0.786 | 1     |
|               | 偏愛    | 迴避   | 偏愛    |       |

\*花鰍對棲地有選擇性之值，經卡方檢定得到： $p < 0.05$ 。

果共有砂土(Sand)、壤質砂土(Loamy sand)、砂質壤土(Sandy loam)、壤土(Loam)及砂質粘壤土(Sandy clay loam)等五種質地，再將之分類為砂土、壤土和砂質粘壤土三種後，進行中華花鰍之 Forage Ratio 統計，砂土類型之棲地型態占大多數，約 81%，花鰍在砂土中出現的比例也明顯來得高，約有 86% (邵與陳，2003)，惟檢測出「砂質粘壤土」之樣點僅有一處，因此造成花鰍對此種土壤性質之選擇性過高，如表 4.2，但花鰍對於不同性質之土壤仍有選擇性，其選擇性之值亦經卡方檢定得到 95% 之信賴區間( $p < 0.05$ )。

針對中華花鰍對於三種土壤性質的選擇性，彼此之間進行相關性檢定，「砂土與砂質粘壤土之間」以及「壤土與砂質粘壤土之間」，沒有顯著差異，而「砂土與壤土之間」有極顯著差異( $p < 0.01$ )。

發展形成棍棒狀體型、口下位和口鬚的花鰍，利於在泥沙中覓食，泥沙底質除提供食物來源以外，也提供花鰍躲避敵害的場所，可使花鰍在遇到攻擊或遭受驚嚇時，迅速鑽入砂質地底，待發現沒有危險時，即鑽出底質(劉，1996)；因此，由數據結果可得知：鰻行式游泳型態之中華花鰍喜好分布於緩流速區，且對砂土性質之棲地的依賴程度相當高，而完成生態工程之姊妹泉上圳營造出適合中華花鰍覓食、繁殖、躲避之棲地空間，數量上也明顯較下圳為多。

為了探討圳路施作生態工程後對中華花鰍數量影響，則依施作與未施作生態工程之圳路段

表 4.3 中華花鰍對棲地之選擇性：以農田圳路類型分類

|               | 圳路   | 水潭   | 草溝   | 總和    |
|---------------|------|------|------|-------|
| 棲地個數          | 22   | 8    | 6    | 36    |
| 棲地比例( $p_i$ ) | 0.61 | 0.22 | 0.17 | 1     |
| 花鰍隻數( $u_i$ ) | 9    | 6    | 11   | 26    |
| 花鰍比例( $o_i$ ) | 0.35 | 0.23 | 0.42 | 1     |
| 選擇性(W)        | 0.57 | 1.05 | 2.47 | 4.09* |
| 選擇性比例(B)      | 0.14 | 0.26 | 0.60 | 1     |
|               | 迴避   | 偏愛   | 偏愛   |       |

\*花鰍對棲地有選擇性之值，經卡方檢定得到： $p < 0.01$ 。

進行 Forage Ratio 運算，將棲地類型分為：圳路、水潭和草溝後，可得到中華花鰍對這三種區域選擇喜愛或者迴避的結果，如表 4.3，「圳路」佔棲地比例約 0.61%，而「水潭」佔了 0.22%，「草溝」則約有 0.17%，但花鰍出現隻數卻以草溝為最多，乃由於 5 月期間為農田第一期稻作之灌溉期，中華花鰍隨水源進入水稻田，故於當月進行生態調查時，花鰍的捕獲數量多，惟 7 月正值一期稻作收割期，稻田內不再蓄有水量，當月於草溝內亦未捕獲任何花鰍，但依花鰍隻數比例和棲地比例之比值來看，花鰍對「草溝」的選擇性為三者中最高，約為 2.47，其次為施作生態工程段之「水潭」，選擇性值亦超過 1，與草溝同樣屬於偏愛之棲地環境，而未施作生態工程之「圳路」，捕獲花鰍的總隻數雖較「水潭」為多，但選擇性值僅約 0.57，是為中華花鰍選擇迴避之棲地環境，花鰍對不同型態之農水路棲地有其選擇性，其選擇性之值經卡方檢定可得 99% 之信賴區間( $p < 0.01$ )。

另外針對中華花鰍對農水路類型之選擇性，在「圳路」、「水潭」和「草溝」彼此之間進行相關性檢定，「圳路和水潭」間之選擇沒有顯著差異，而在「水潭和草溝」間有顯著差異( $p < 0.01$ )，在「圳路和草溝」間有極顯著的差異( $p < 0.01$ )。

## 五、結論與建議

依據本篇研究可獲得以下結論：

1. 經過兩次的調查，中華花鰍的捕獲量，砂岡圳

姊妹湧泉上圳明顯高於下圳，上圳數量為下圳之 4 倍。

2. 中華花鰍對於福祿數小於 0.18 之潭型環境有 95% 的喜愛程度，而對福祿數介於 0.18-0.41 之深流型棲地之選擇性僅有 5% 的機率，而福祿數高達 0.41 以上之棲地環境，花鰍即對此地沒有選擇性。
3. 砂岡圳姊妹湧泉上圳之生態工程營造，圳內固床工以及渠道的拓寬，有效減緩流速，使得圳路內砂土逐漸堆積，形成中華花鰍適合之棲息環境。
4. 未實施生態工程之下圳，水流長時間快速流動、深度淺，且底床多屬於大粒徑之卵石，不是中華花鰍此種型態魚類之最佳生存條件。

本研究建議：

1. 農田水路中花鰍數量之調查可持續一年，以探究花鰍成長史對農田和圳路間的利用性，進而可針對其他魚種或圳路周邊植物，或是鳥類等生態系各階層之生物，比較其與中華花鰍之相對關係。
2. 中華花鰍對棲地之選擇性，可考慮採用不同的加權方式計算，以降低主觀性成分之影響。

## 謝 誌

本研究感謝農田水利會生態工程成效評估與技術推廣(98 農發-4.1-利-03)之計畫經費協助，讓本研究得以順利完成。

## 參考文獻

1. 王智文，2005。台灣及大陸東南地區中華花鰍(*Cobitis sinensis*)種群型態系統分類、分子地理親緣與與生殖生態之研究。國立中山大學海洋生物研究所，碩士論文。
2. 台灣魚類資料庫，2011 年 1 月 22。取自：<http://fishdb.sinica.edu.tw/chi/species.php?id=380994>
3. 吳富春、許銘熙，1995。水稻田生態與環境。農業工程學報。第 41 卷，第 4 期。13-19 頁。
4. 沈英勳、洪銘德、蔡逸文，2008。農田灌排水路生物多樣性調查方法之專題介紹。2008 生態工程技術研討會論文集，133-150 頁。
5. 邵廣昭、陳靜怡，2003。「魚類圖鑑—台灣七百多種常見魚類圖鑑」。遠流出版公司。
6. 財團法人農業工程研究中心，2008。「農田水利會生態工程推動與調查-期末報告」。行政院農委會計畫。
7. 游進裕、吳嘉盈、陳榮松，2008。水域棲地復育整合模式(5S model)於農水路生態工程之應用。2008 生態工程技術研討會論文集，191-203 頁。
8. 劉奇璋，1996。哈盆溪花鰍之生殖與生態學研究。國立台灣大學動物學研究所，碩士論文。
9. Borazjani, I. and F. Sotiropoulos. 2008. Numerical investigation of the hydrodynamics of anguilliform swimming in the transitional and inertial flow regimes. Journal of Experimental Biology. Vol. 212, pp. 576-592.
10. Jowett, I.G., 1993. A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. Vol. 27, pp. 241-248.
11. Krebs, C.J., 1999. Ecological Methodology, 2<sup>nd</sup> ed. Benjamin Cummings.
12. Propst, D.L. and K.R. Bestgen. 1991. Habitat and biology of the loach minnow, *Tiaroga cobitis*, in New Mexico. Copeia. Vol. 1991(1), pp. 29-38.
13. Vogel, S., 1994. Life in Moving Fluids: The Physical Biology of Flow, 2<sup>nd</sup> ed. Princeton University Press.
14. Webb, P.W., 1988. Simple physical principles and vertebrate aquatic locomotion. American Zoologist. Vol. 28, pp. 709-725.

收稿日期：民國 99 年 12 月 7 日

修正日期：民國 101 年 3 月 19 日

接受日期：民國 101 年 3 月 20 日