

# 台灣中部筏子溪魚類豐度及歧異度與水質關係之研究

## Abundance and Diversity of Fishes in Relation to Water Quality in the Fazih River of Central Taiwan

蔡志偉<sup>1</sup> 張世倉<sup>2,\*</sup> 李明儒<sup>3</sup>

Chih-Wei Tsai<sup>1</sup>, Shi-Tsang Chang<sup>2,\*</sup> and Ming-Ju Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立中興大學水土保持學系 台中市國光路 250 號

<sup>2</sup> 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路 1 號

<sup>3</sup> 國立澎湖科技大學觀光休閒學系 澎湖縣馬公市六合路 300 號

<sup>1</sup> Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

<sup>2</sup> Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

<sup>3</sup> Department of Tourism and Leisure Management, National Penghu University, Penghu, Taiwan

\*通訊作者：stchang@tesri.gov.tw

\*Corresponding author: stchang@tesri.gov.tw

### 摘要

本研究以台中盆地西側之筏子溪為研究樣區，選擇由上游連仔溪橋(F1)至下游集泉橋(F5)共 5 個測站進行魚類及水質變化之探討。魚類調查時間為 2000 年 9 月至 2007 年 2 月，共進行 67 次現場調查；水質資料採用環保署全國環境水質監測資訊網所公告之東海橋(F2)及集泉橋(F5)水質數據進行分析。研究結果發現，台灣特有種及外來種會受到降雨量、降雨天數的影響，導致魚類豐度及種歧異度減少；而台灣特有種與  $WQI_8$  呈現負相關，與 BOD 呈現正相關，外來種則與重金屬砷呈現負相關趨勢；台灣特有種與外來種之魚類群集，並具有相互消長之現象，意即外來種會抑制台灣特有種群集豐度的發展。廣布性魚種由於環境適應力較強的關係與降雨及水質無相關性趨勢。此外，筏子溪水質因受到中科台中園區營運及台中市整體污水處理率改善之影響，分別對水質產生劣化及改善的結果。

## Abstract

Fish samplings were conducted seasonally with electrofishing and fish trapping methods at five different polluted zones of Fazih River, 2000 to 2007. Water quality data were obtained from the National Water Quality Monitor Network, and precipitation data from the Taichung Station of the Taiwan Central Weather Bureau. The results showed that abundance of endemic species and exotic species were significantly, negatively correlated to precipitation, number of raining days, and water quality indices (WQI<sub>8</sub>), but positively correlated to BOD and river pollution indices (RPI). The exotic species were negatively correlated to arsenic concentrations. There was the presence of interspecific competition between endemic species and exotic species. No significant correlation was found between the abundance of generalist species of fishes and precipitation, water quality, PRI-values, and WQI<sub>8</sub>-values, suggesting their high tolerance to water pollution and environmental modification. The relationships between the water pollution and wastewater discharges from the Taichung Science Park and the Taichung City were discussed.

**關鍵詞：**筏子溪、魚類、豐度、種歧異度、水質

**Key words:** Fazih River, fishes, abundance, species diversity, water quality

收件日期：97年10月30日

接受日期：98年2月20日

Received: October 30, 2008

Accepted: February 20, 2009

## 緒 言

導電度(electrical conductivity, EC)、溶氧(dissolved oxygen, DO)、酸鹼度(pH)、化學需氧量(chemical oxygen demand, COD)等為普遍評定水質優劣之重要因子,在水質測量方面是不可或缺的(江 1996);而生化需氧量(biochemical oxygen demand, BOD)、氨氮量(NH<sub>3</sub>-N)、懸浮固體量(suspended solids, SS)等物理化學因子,長久以來受到多方面使用,其準確性已有相當高的信賴度(石等 1986)。廢水中之重金屬如無適當的物理或化學處理,排入河川將導致重金屬廢水污染水體,且重金屬具

有高殘留性、難生物分解、易生物累積、不易移除等特性,一旦進入環境就有可能經由食物鏈,直接或間接危害人體(陳 2002)。世界各國均訂定各種水質標準來保護與管理水源,而目前大多以物理及化學因子作為監測的對象,例如:酸鹼度、導電度、透明度、陽離子含量...等等,提供給管理者作為決策的參考(陳 2000)。台灣河溪環境品質監控是以水質監測為主,我國環保署以水溫、懸浮固體、溶氧、化學需氧量、酸鹼值、氨氮、大腸桿菌群、總磷及重金屬等參數評估水質,之後又發展出河川污染指數(river pollution index, RPI)與水質指數(water quality index, WQI)。

水質評估其優點在於經濟快速，準確性高，方法標準化，缺點在於只能反應採樣瞬間的水質，而且難以確切反應污染對水域環境生物的衝擊與影響。為了彌補水質評估的缺點，使河溪環境監測與評估更為完整，生物評估法應運而生。這類方法利用生物調查所得資訊以評估河溪環境的變化，可作為中長期環境監測

的參考指標。河溪內含有眾多種類的生物，其中魚類是河溪水域生態系的最高級消費者，河溪生態系之生物與環境的變動，會反應至魚類的變化與組成，再者，魚類具有自主移動能力，會有遠惡水而移，擇良水而棲的本能，因此，由魚類組成的改變，能一探河溪環境的變動狀態，並可作為評估河溪環境之主要指標。

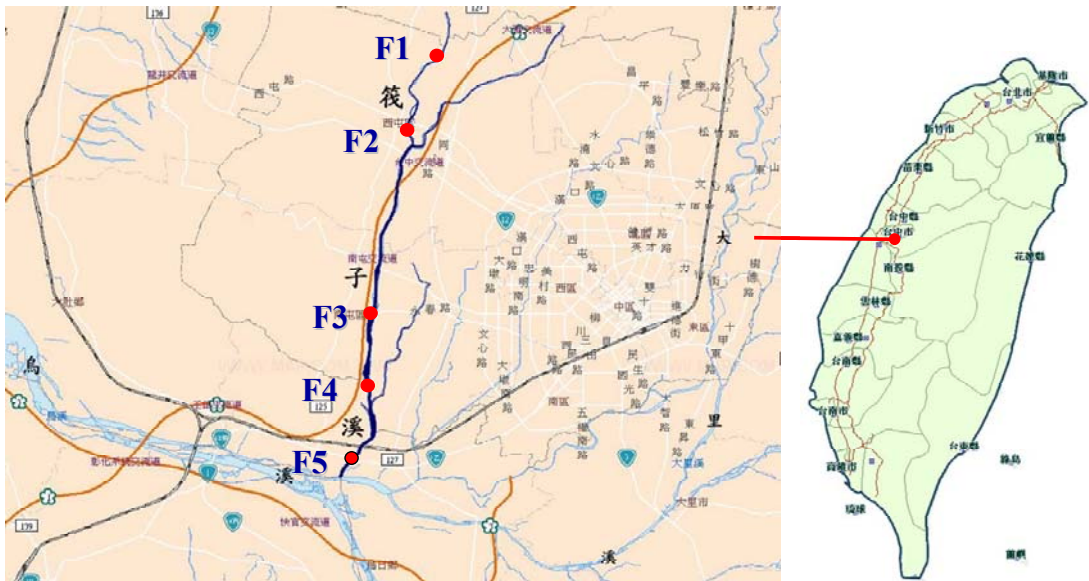


圖 1. 筏子溪調查測站位置圖。

Fig. 1. Fish sampling stations at Fazih River (F1, Lentzu Creek Bridge; F2, Tonghai Bridge; F3, Fazih River Bridge; F4, Liusu Dike; F5, Chishen Bridge).

魚類群聚結構(population structure)可用於評估包括人為影響之水質惡化及水域生態棲地改變問題(Karr 1981; Maret *et al.* 1997; Wolter *et al.* 2000; Pirhalla 2004; Angermeier and Davideanu 2004)。魚類群聚差異不僅與重金屬含量有關，也可能受食物來源、自然狀況(流域大小、流量、森林面積、底質及水生植物)及 pH、溶氧等影響(Bervoets *et al.* 2005)。排放高濃度的重金屬污染物進入水域，將導致低耐污魚類致病或是死亡。致病魚類將產生游泳速度降低及生長速度緩慢之狀態(Sørensen 1991;

Hollis *et al.* 1999; Alsop *et al.* 1999; Bervoets and Blust 2003)。外來種魚類在部分地區對台灣原生淡水魚造成極大的衝擊(陳等 1993; Wang *et al.* 1999)。其中許多外來種均是從熱帶引入、喜歡溫暖水域的種類，因此氣候暖化極可能會助長外來種的入侵，應持續監測其分布的變化(白等 2006)。王(1983)在淡水河流域探討魚類與水質之關係發現，不耐污染之魚種主要出現在河川上游乾淨之水域，耐污魚種則分布在河川下游比較污染之水域。

本研究主要經由長時間調查筏子溪之魚

類，並加入水質與降雨因子探討其間之相關性，以了解筏子溪自 2000-2007 年間水域生態環境之變動情形，並探究其變化原因。

## 材料與方法

### 一、研究區域

筏子溪位於台中盆地西側，為烏溪支流。起源於台中縣大雅鄉橫山圳排水，屬於平地河川。筏子溪流域行政區包括台中市之西屯、南屯區及台中縣之大雅鄉、神岡鄉、烏日鄉，最

後於烏日鄉注入烏溪。全長 21.25 km，流域面積 132.57 km<sup>2</sup>。

### 二、調查測站

本研究自筏子溪上游至下游選擇包含連仔溪橋(F1)、東海橋(F2)、筏子溪橋(F3)、劉厝堤防(F4)及集泉橋(F5)共 5 個測站，進行魚類資料調查採集。水質數據取自環保署全國環境水質監測資訊網所公告之 F2 及 F5 資料。本研究 5 個測站之詳細資料如圖 1 及表 1 所示。

表 1. 筏子溪調查測站之座標與溪序

Table 1. The TM 67 positions of the fish sampling stations at Fazih River

Stations	Locations	TM X	TM Y	Elevations (m)	Stream order
F1	Lentzu Creek Bridge	211443	2677045	112	1
F2	Tonghai Bridge	211486	2675257	96	1
F3	Fazih River Bridge	210521	2670620	65	2
F4	Liusu Dike	210440	2668813	43	2
F5	Chishen Bridge	210074	2667104	30	2

表 2. 河川污染等級分類表<sup>1</sup>

Table 2. Classification of stream pollutions based on river pollution indices (RPI) calculated from Equation (1) (A, clean to slightly polluted water; B, lightly polluted water; C, moderately polluted water; D, heavily polluted water)<sup>1</sup>

Water quality parameters	A	B	C	D
DO, mg/l	>6.5	4.6-6.5	2.0-4.5	<2.0
BOD, mg/l	<3.0	3.0-4.9	5.0-15	>15
SS, mg/l	<2.0	20-49	50-100	>100
NH <sub>3</sub> -N, mg/l	<0.5	0.5-0.99	1.0-3.0	>3.0
Score	1	3	6	10
RPI value <sup>2</sup>	<2.0	2.0-3.0	3.1-6.0	>6.0

<sup>1</sup> 依據環境保護署 2007 年全國環境水質監測資訊網 (<http://wqshow.epa.gov.tw/>)。

<sup>2</sup> RPI value based on average concentrations of DO, BOD, SS and NH<sub>3</sub>-N.

三、魚類調查

本研究之魚類採樣以 12V 蓄電池電魚器採集，每一測站每次採集以河道 50m 水域長度為每次採集之單位努力量，魚類資料調查時間自 2000 年 9 月至 2007 年 2 月止(2005 年 3、6、9、12 月與 2006 年 1、4 月各調查 1 次，其餘時間皆為 1 個月調查 1 次)，總共進行 67 次現場調查。

四、水質、雨量資料

水質資料取自環保署 2007 年全國環境水質監測資訊網，水質項目包含水溫(°C)、酸鹼值、導電度( $\mu s/cm$ )、溶氧(mg/l)、生化需氧量(mg/l)、化學需氧量(mg/l)、懸浮固體(mg/l)、大腸桿菌群(CFU/100ml)、氨氮(mg/l)、總磷(mg/l)、硝酸鹽氮(mg/l)、亞硝酸鹽氮(mg/l)、銅(mg/l)、鋅(mg/l)、砷(mg/l)、錳(mg/l)共 16

表 3. WQI<sub>8</sub> 水質分類等級表<sup>1</sup>

Table 3. Weight values ( $w_i$ ) of eight water quality parameters for WQI<sub>8</sub> calculated from  $q_i$ -values ( $x$ ) with Equation (2)<sup>1</sup>

Parameters (i)	$w_i$ -values	Units	$q_i$ -values
DO	0.22	Saturation (decimal)	$0 < x < 0.7$ $-70.707x^3 + 195.96x^2 - 4.5707x$ $0.7 \leq x < 1.4$ $-416.67x^4 + 2041.7x^3 - 3858.3x^2 + 3243.3x - 910$
BOD	0.18	mg/l	$0 < BOD \leq 5$ $0.6078B^3 - 3.5651B^2 - 9.6099B + 100.59$ $5 < BOD$ $1123.6 / [1 + 99.9 \times \text{EXP}(0.2 \times B)]$
pH	0.16	-	$2 < pH \leq 5$ $3.3333pH^2 - 15pH + 16.67$ $5 < pH \leq 10$ $-12.562pH^2 + 187.78pH - 601.17$ $pH > 10$ $6.6667pH^2 - 156.67pH + 920$
NH <sub>3</sub> -N	0.13	mg/l	$0 < N \leq 2$ $-19.335N^3 + 81.327N^2 - 118.85N + 99.75$ $2 < N \leq 8$ $0.8271N^2 - 14.106N + 59.906$
<i>E. coli</i>	0.12	$x = \log(\text{CFU}/100\text{ml})$	$1.13011X^4 - 15.26941X^3 + 66.603X^2 - 122.445X + 170.34$
SS	0.09	mg/l	$10^{2-0.00263S}$
TP	0.06	mg/l	$0 < P < 0.4$ $29.9 + 3.8147/(P + 0.054)$ $0.4 \leq P \leq 3$ $6.592P^2 - 36.417P + 49.91$
EC	0.04	$\mu mho/cm$	$101.7 / [1 + 0.0062 \times \text{EXP}(8.32 \times 10^{-3} \times C)]$

<sup>1</sup> 溫清光(2000)。

表 4. WQI<sub>8</sub> 水質分類等級表<sup>1</sup>Table 4. Classification of stream water quality based on WQI<sub>8</sub>-values<sup>1</sup>

WQI <sub>8</sub> -values	Pollution categories	Suitable uses
86-100	Excellent	Swimming, primary public water
71-85	Very good	Secondary public water, primary fish culture water
51-70	Good	Tertiary public water, secondary fish culture water, primary industrial water
31-50	Moderate	Agricultural water, secondary industrial water
16-30	Poor	The minimum limit for environmental protection
0-15	Very poor	Possible release of noxious gases

<sup>1</sup> 溫清光(2000)。

種項目作為本研究之水質數據。水質資料採集時間由於環保署全國環境水質監測資訊網所公告資料漏缺民國 2000-2001 年水質資料，因此僅用民國 2002 年 1 月至 2007 年 2 月之水質資料進行分析。

雨量採用中央氣象局 2007 年全球資訊網公告之台中測站 2000 年 9 月至 2007 年 2 月降雨量資料，作為本研究雨量數據。

## 五、評估指數

### (一) 河川污染指數(RPI)

由懸浮固體物、生化需氧量、溶氧及氨氮等 4 項物化水質參數組成，指數為 4 項水質點數之算術平均值，計算公式來自行政院環境保護署 2006 年網站如下：

$$RPI = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 S_i \quad (1)$$

式中  $S_i$  = 污染點數值

$i$  = 水質項目

RPI 計算後依其數據來對污染程度依據行政院環境保護署 2006 年網站加以分類為未受污染或稍受污染、輕度污染、中度污染及嚴重污染(表 2)。

### (二) 水質指數(WQI<sub>8</sub>)

採用溫(2000)利用「修正得爾非意見調查

技巧」(DELPHI)所完成之 WQI<sub>8</sub>，8 所代表的是水質參數數目，包括溶氧、生化需氧量、pH、氨氮、大腸菌數、懸浮固體、總磷及導電度等 8 項，其加權值分別為 0.22、0.18、0.16、0.13、0.12、0.09、0.06、0.04 (周等 1990；溫 2000)。若河川水質中重金屬或農藥等有毒物質之含量超過「水體分類及水質標準」時，則水質指數需降為零，WQI<sub>8</sub> 評估公式如下：

$$WQI_8 = \frac{1}{10} \left[ \sum_{i=1}^n W_i q_i \right]^{1.5} \quad (2)$$

式中 WQI<sub>8</sub>: 指數值由 0 至 100

$q_i$ : 第  $i$  個參數之水質點數，由 0 至 100 (表 3)

$W_i$ : 第  $i$  個參數之加權值

$n$ : 水質參數總數

經計算後 WQI<sub>8</sub> 等級分為 6 級(表 4)，特優(86-100)、良好(71-85)、中等(51-70)、中下(31-50)、不良(16-30)及惡劣(0-15)。

### (三) 魚類歧異度指數(D<sub>sh</sub>)

歧異度指數可表現物種群集組成複雜性及安定性程度，當歧異度指數數值愈高則代表物種多樣性愈豐富，愈低則表示該物種群集組成愈簡單，對於環境應力之容忍力亦愈低。本研究選擇夏農歧異度指數(Shannon-Wiener diversity index, D<sub>sh</sub>)進行魚類多樣性之研究分

析，其公式如下：

$$D_{sh} = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \times \ln (n_i/N) \quad (3)$$

式中 S: 所調查魚類群集中，總共出現之種數

$n_i$ : 第 i 種魚類個體數

N: 所調查魚類群集中，總共出現之隻數

### 結果與討論

#### 一、調查測站魚類變化

本研究自 2000 年 9 月至 2007 年 2 月期間，於筏子溪 5 個測站總共調查到魚類 14 科 38 種，捕獲數量共計 14,773 隻，其中吳郭魚(屬外來種 exotic species)為最優勢魚種，占總數量之 45%。筏子溪屬於吳郭魚入侵嚴重之溪流，其主要原因在於筏子溪為都市型溪流，平均高程偏低(F1 測站最大高程僅 112m)、溪床地勢變化小，水流流速平緩，相對於高海拔溪流筏子溪具有水溫高及水質差的特性，且吳郭魚為耐污性強及喜好高水溫之魚種，此棲地環境甚為

適合吳郭魚棲息與繁衍，導致吳郭魚於筏子溪大量存在，成為筏子溪最優勢魚種。魚種數量其次為明潭吻鰕虎(台灣特有種 endemic species)占 19.63%，再者為短吻紅斑吻鰕虎(台灣特有種)占 8.54%、中華花鰻(廣布種 generalist species)占 8.18%及粗首鱺(台灣特有種)占 7.18%，上述 5 種魚種占全部調查數量之 88.55%。

分析 F1-F5 測站優勢魚種(圖 2)，吳郭魚在各測站皆為最優勢魚種，細觀吳郭魚在各測站的變化可發現，吳郭魚(外來最優勢種)與明潭吻鰕虎(台灣特有種最優勢魚種)之數量呈現反比趨勢，表示兩種魚類具有相互消長作用，也代表著當外來種入侵族群量過於龐大時，將對台灣特有種的族群產生威脅。反之，台灣特有種數量將會抑制外來種的族群數量。其餘 3 種優勢魚種包含短吻紅斑吻鰕虎、中華花鰻及粗首鱺的族群數量與明潭吻鰕虎的分布情形相似。總和以上結果可發現，筏子溪的魚類族群與種豐富度，受到外來種的干擾，會抑制其他種魚類族群之分布。

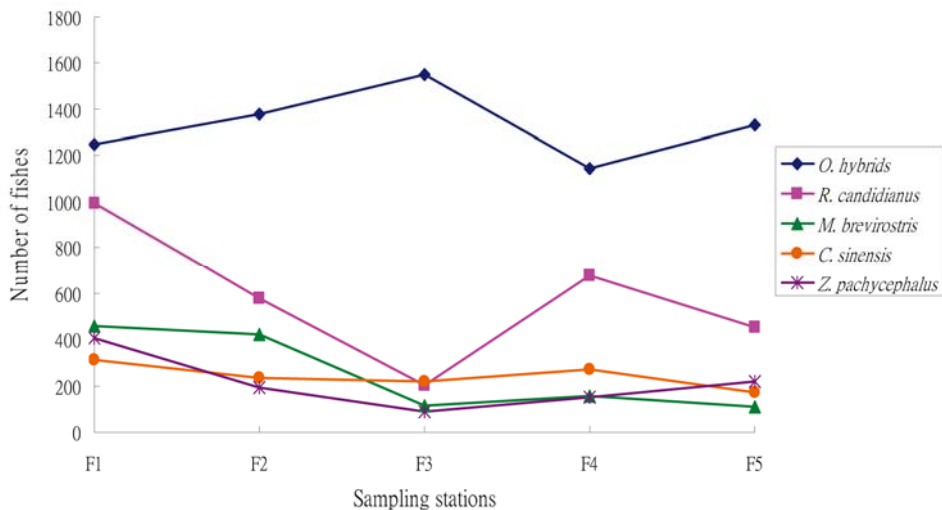


圖 2. 筏子溪測站 5 種優勢魚種數量分布圖。

Fig. 2. Total individual number of dominant species of fishes collected at five sampling stations of Fazih River, 2000-2007.

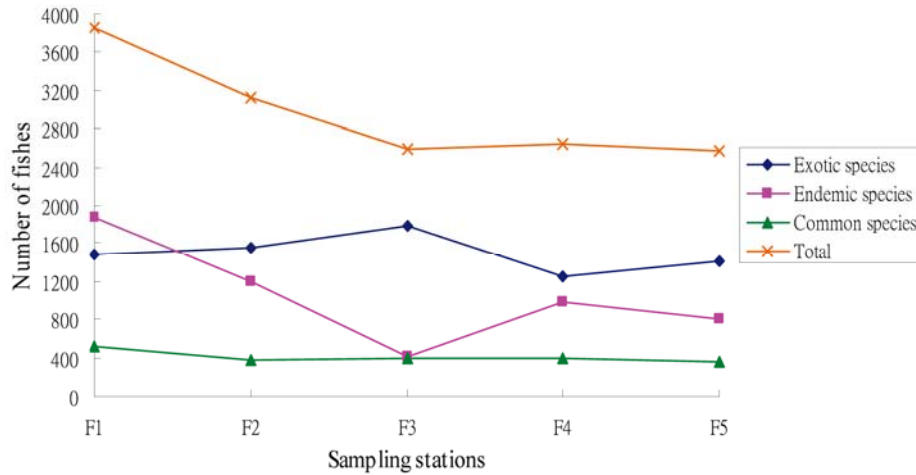


圖 3. 筏子溪測站分類魚種總數量變化圖。

Fig. 3. Number of species collected at the five sampling stations of Fazih River, 2000-2007.

筏子溪 5 個測站經由 67 次現場魚類調查，蒐集到豐富的魚類資料，但是資料甚為繁雜，因此本研究為將眾多的魚類資料予以簡化，將筏子溪魚類依照屬性分成台灣特有種、外來種及廣布性魚種進行分類，詳細分類魚種如表 5 所示。

探討筏子溪分類魚種於各測站分布(圖 3)可以發現，除在 F1 測站台灣特有種數量略大於外來種之外，其餘測站皆外來種為最優勢狀態。F1 測站台灣特有種多於其他測站的主要原因在於其集水區面積小，且相較下游測站海拔高，具污染源少且水溫低之特性，因此導致較多的台灣特有種分布。

外來種與台灣特有種之數量呈現反比趨勢，與吳郭魚及明潭吻鰕虎變化趨勢相似，具相互消長作用。廣布性魚種方面，其魚種數量變化不大，除了在 F1 測站具有較優良棲地條件下，魚數量達 500 隻以上之分布外，其餘測站約在 400 隻左右分布。各測站魚類總數量方面，F1、F2 測站有較高的魚數量外(3,000 隻以上)，其餘測站 F3-F5 的魚數量較少(平均約 2,500 隻)且相近，其原因乃因為 F1、F2 調查

測站有較多的台灣特有種魚群分布(F1、F2 台灣特有種魚群數量明顯大於 F3-F5 測站)所導致。

## 二、不同時期魚類變化

本研究依據筏子溪 3 大分類魚種探討不同時期魚類變化，並依照氣象學之季節分類法，將調查時間簡化分成 2000 秋(9-11 月)至 2007 冬(2006 年 12 月-2007 年 2 月)共 26 個季節進行研究(圖 4)。分析筏子溪 5 個測站之分類魚種變化可發現，魚種數量主要受到降雨量的影響而呈現負成長趨勢，當季雨量超過 800 mm 時，對於魚類族群產生的影響最為明顯，魚類族群的回復情形也極為緩慢。降雨造成魚類數量減少的原因，主要來自降雨所帶來的洪水沖走筏子溪大部分的魚類且將魚類棲地破壞所導致。當季雨量小於 800 mm 時，雖然會影響魚類族群數量，但是經過 1-2 季(3-6 個月)魚類數量會產生逐漸回復之狀態。

分析各測站魚類變化，發現 F1-F5 測站之 3 大魚種數量，皆在 2004 年夏季後開始銳減，造成魚種數量減少的原因與 2004 年夏季雨量

達 1,568 mm 具有明顯的相關，且 2004 年夏季後 F1-F5 測站的魚種數量皆無法回復至 2004 年夏季前的魚種豐度，可知豪雨發生會對於筏子溪的魚群生態產生嚴重的影響。此外，分析各測站不同時期之夏農歧異度指數( $D_{sh}$ )可發現，2004 年夏季以前， $D_{sh}$  與魚數量呈現正相

關趨勢，但是在 2004 年夏季以後，各測站呈現較紊亂的走勢，主要原因在於筏子溪魚類族群受到豪雨影響，嚴重改變了魚類社會組成，導致不同魚種產生比較大變動的消長趨勢，也導致  $D_{sh}$  具有較大的振幅。

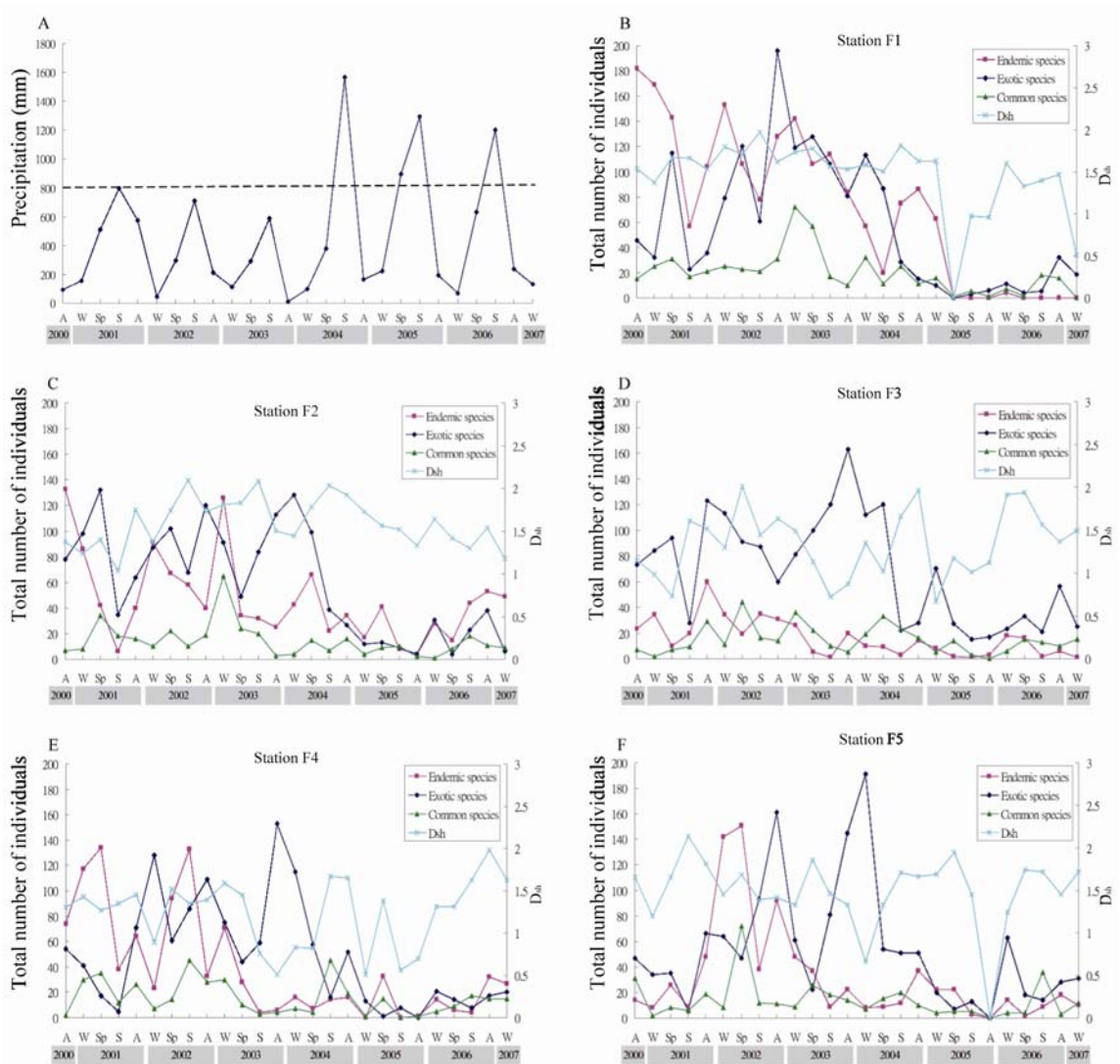


圖 4. 筏子溪測站不同時期雨量及分類魚種變化圖。

Fig. 4. Seasonal changes in precipitation (A), species diversity indices ( $D_{sh}$ -values) and numbers of individuals of endemic, exotic and generalist species of fishes at the five sampling stations (B-F), 2000 to 2007.

表 5. 筏子溪分類魚種對照表

Table 5. A list of endemic, exotic and generalist species of the fishes in Fazih River

Endemic species	Exotic species	Generalist species
<i>Acrossocheilus paradoxus</i> (台灣石鱚)	<i>Gambusia affinis</i> (大肚魚)	<i>Paramisgurnus dabryanus</i> (大鱗副泥鰍)
<i>Candidia barbata</i> (台灣馬口魚)	<i>Micropterus salmoidea</i> (大嘴黑鱸)	<i>Cobitis sinensis</i> (中華花鰍)
<i>Hemimyzon formosanum</i> (台灣間爬岩鰍)	<i>Poecilia reticulata</i> (孔雀魚)	<i>Paracheilognathus himantegus</i> (台灣石鮒)
<i>Rhinogobius candidianus</i> (明潭吻鰕虎)	<i>Carassius cuvieri</i> (日本鯽)	<i>Zacco platypus</i> (平頷鱮)
<i>Pseudobagrus adiposalis</i> (脂鮠)	<i>Carassius hybrids</i> (朱文錦)	<i>Anguilla japonica</i> (白鰻)
<i>Microphysogobio alticorpus</i> (高身小鰮鮡)	<i>Oreochromis hybrids</i> (吳郭魚)	<i>Hemiculter leucisculus</i> (白鱮)
<i>Zacco pachycephalus</i> (粗首鱮)	<i>Cichlasoma managuense</i> (珍珠石斑)	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (泥鰍)
<i>Rhinogobius maculafasciatus</i> (斑帶吻鰕虎)	<i>Clarias batrachus</i> (泰國塘蝨魚)	<i>Rhodeus ocellatus</i> (高體鯉)
<i>Microphysogobio brevirostris</i> (短吻小鰮鮡)	<i>Pterygoplichthys multiradiatus</i> (琵琶鼠)	<i>Channa maculate</i> (斑鱧)
<i>Rhinogobius rubromaculatus</i> (短吻紅斑吻鰕虎)		<i>Clarias fuscus</i> (塘蝨魚)
<i>Pseudobagrus brevianalis</i> (短臀鮠)		<i>Rhinogobius giurinus</i> (極樂吻鰕虎)
		<i>Cyprinus carpio</i> (鯉)
		<i>Carassius auratus</i> (鯽)
		<i>Pseudorasbora parva</i> (羅漢魚)
		<i>Silurus asotus</i> (鯰)
		<i>Mugil cephalus</i> (鱮)
		<i>Anguilla marmorata</i> (鱸鰻)

### 三、水質變化

本研究水質資料採自 2002 年 1 月至 2007 年 2 月環保署全國環境水質監測資訊網所公告之水質數據，配合魚類調查日期(2005 年 3、6、9、12 月與 2006 年 1、4 月調查 1 次，其餘時間皆為 1 個月調查 1 次)進行東海橋(F2)及集泉

橋(F5)之 RPI 及 WQI<sub>8</sub> 分析。經計算後得到 RPI 值絕大部分介於 2-6 間，表示筏子溪污染程度主要介於輕度至中度污染；WQI<sub>8</sub> 值主要介於 30-70 間，水質屬於中等至中下之等級。筏子溪 F2 及 F5 測站水體品質常處於不良的狀況，造成水體品質不良的主要原因與筏子溪位處

於都會區內有關，受到家庭及工業污水的污染所導致。此外，RPI 及 WQI<sub>8</sub> 較好的水質數據通常發生在雨季，較差的數據發生在乾季，主

要原因是因為雨水可以帶走溪床底泥與堆積污染物，並稀釋溪水致使水質產生較優良的檢測數據。

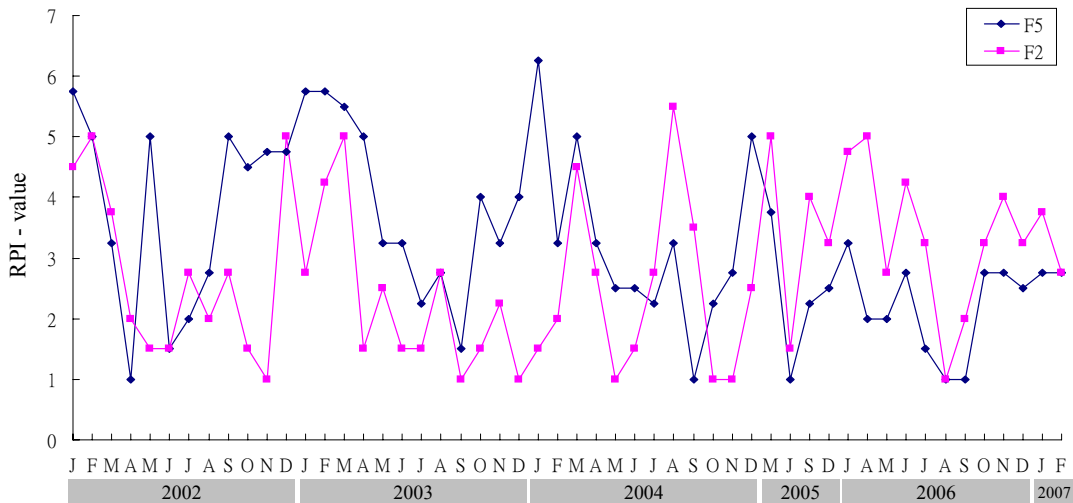


圖 5. 筏子溪集泉橋(F5)與東海橋(F2)不同時期 RPI 變化圖。

Fig. 5. Seasonal changes in RPI-values at Station F2 (Tunghai Bridge) and Station F5 (Chichen Bridge) of Fazih River, 2000 to 2007.

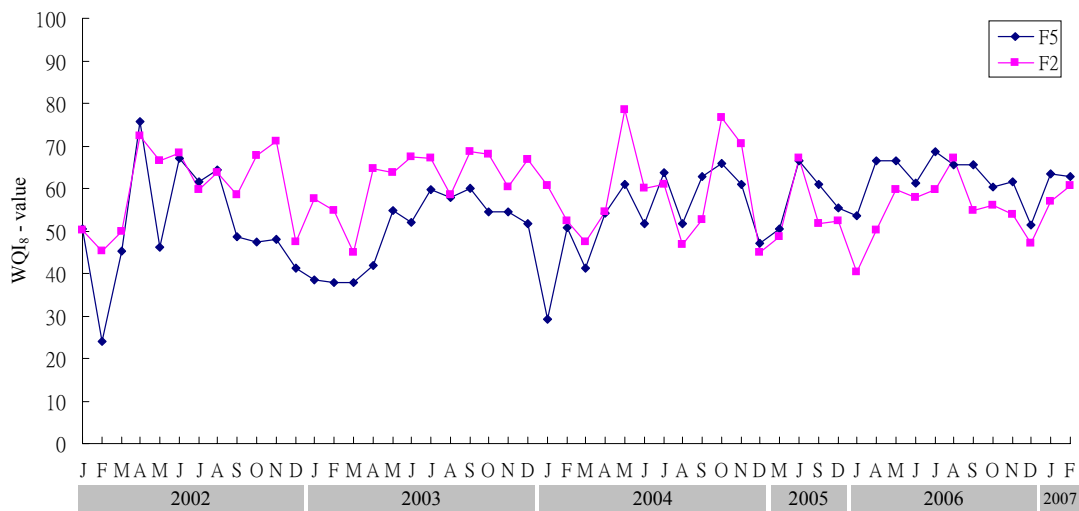


圖 6. 筏子溪集泉橋(F5)與東海橋(F2)不同時期 WQI<sub>8</sub> 變化圖。

Fig. 6. Seasonal changes in WQI<sub>8</sub>-values at Station F2 (Tunghai Bridge) and Station F5 (Chichen Bridge) of Fazih River, 2000 to 2007.

F2 及 F5 測站 RPI 及  $WQI_8$  之變化，在 2004 年以前，上游 F2 測站水質普遍優於 F5 測站，但是在 2004 年下半年開始，F2 測站水質污染開始呈現大於 F5 測站的趨勢，最大的轉折點發生在 2005 年 3 月(圖 5、圖 6)，在 2005 年 3 月以後，發現 F2 測站相較於 F5 測站 RPI 有升高趨勢(污染增加)，另外  $WQI_8$  值則具減少趨勢(水質變差)，造成 F2 測站水質變差的原因，與 F2 測站周邊污水排放有關。本研究探查 F2 附近的土地利用型態，發現中部科學工業園區(以下簡稱中科)台中園區(距離 F2 測站約 1.5 km)自 2004 年開始營運，且污水排放量依據中部科學工業園區 2008 年網站資料顯示

逐年增加(圖 7)，與 F2 測站水質變差的時間一致，推測中科台中園區的營運，可能對筏子溪水質產生不良影響。下游 F5 測站水質變動相對於 F2 表現平穩，主要原因乃因 F5 屬於最下游測站，中科台中園區所排放之污水受到稀釋作用導致水質數據表現較平穩。此外，由圖 5 及圖 6 觀察 PRI 及  $WQI_8$  之變化，發現 F5 測站之水質有日益改善趨勢，本研究發現其原因與台中市整體污水處理率自 2003 年的 14.9% 提升至 2007 年的 40.52% (內政部營建署 2008) 有關係，台中污水下水道接管率之普及，確實對筏子溪的水質達成污染改善的功能。

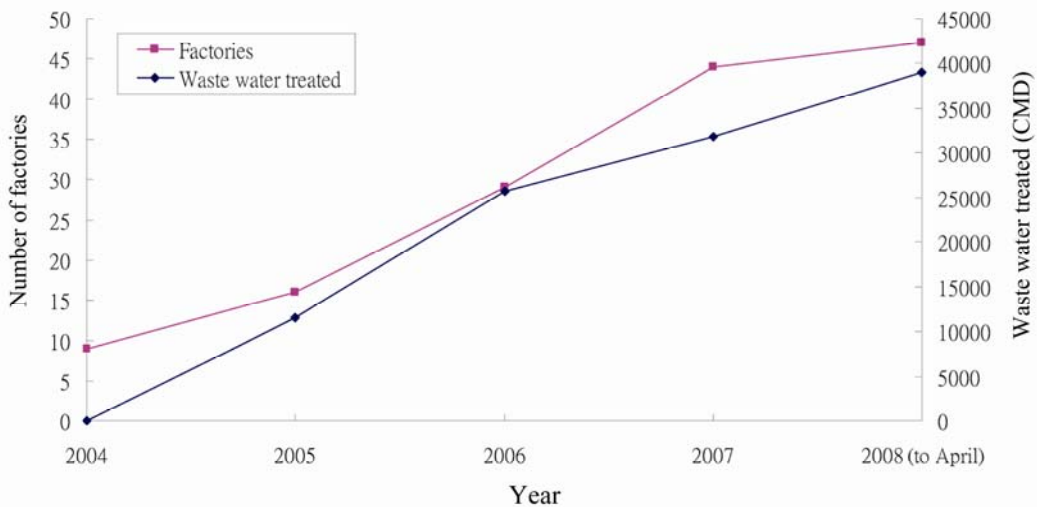


圖 7. 中科台中園區營運廠商數與污水量年變化圖。

Fig. 7. Changes in discharges of treated waste water in association with the number of factories operating in the Taichung Science Park, 2004 to 2007.

#### 四、魚類與水質之關係

豪雨會對筏子溪魚類產生影響，此外，水質也是影響魚類族群的重要因子。比較圖 4 各測站之魚類數量，發現 F1 測站台灣特有種數量，相較 F2-F5 測站受到 2004 年夏季(雨量達 1,568 mm)豪雨的影響較小，主要原因在於最上游 F1 測站集水區面積最小，豪雨所造成的

洪峰流量較下游 F2-F5 測站小，因此 2004 年發生的豪大雨未對 F1 測站台灣特有種的族群數量產生明顯的影響。然而，F1 測站的台灣特有種數量，卻在 2005 年後開始銳減，且自 2005 年春季後，僅於 2006 年冬季調查到台灣特有種數量 4 隻，其餘時間均無調查到台灣特有種。台灣特有種的耐污力低於外來種，是否因

中科營運後之污水排放，導致最接近中科台中園區之 F1 測站台灣特有種數量減少？其真正原因有待持續調查予以佐證。然而，F1 測站台灣特有種魚類數量減少後，卻在 F2 測站調查發現台灣特有種魚類數量有逐漸高於其他測站的趨勢，是否因污水排放致使 F1 測站水質惡化，導致 F1 測站魚群往下游移動，或是其他原因所導致，有待持續調查並進行更深入追蹤探討，以探究其真實原因。

本研究為了解降雨量與水質對於筏子溪魚類的影響，利用 SPSS 12.0 統計軟體進行魚類與降雨量及水質之 Pearson 相關性分析(表 6)。分析結果發現，台灣特有種、外來種與降雨量及降雨日數呈現負相關，反映了豪大雨及連續降雨會導致筏子溪之魚類數量減少。此外，魚類與水質之相關性分析發現，台灣特有種與 WQI<sub>8</sub> 呈現負相關，而與 BOD 正相關，

表示水質條件較差的環境下，台灣特有種數量反而大於水質較好的環境。造成此結果之原因，主要因為台灣特有種受到雨季之豪大雨的影響，魚類數量銳減，乾季魚類數量漸漸回復，但是卻逢筏子溪水量減少，溪水之污染源未受雨水稀釋導致水質較差，也導致台灣特有種數量會在水質差的乾季數量較多的原因。重金屬離子砷，與外來種呈現負相關趨勢，重金屬會在生物體內殘留並造成魚類致病或是死亡，值得密切注意與監控筏子溪重金屬的排放量，避免重金屬污染危害筏子溪的魚類生存，甚至導致主流烏溪受到重金屬離子之污染。筏子溪其他水質因子包含水溫、pH、EC、DO、COD 等 14 項水質因子，本研究資料分析結果與魚類沒有相關性存在。總和以上分析結果得知，魚類受到豪大雨及水質污染的干擾，皆會導致魚類群集減少。

**表 6.** 魚類與降雨因子及水質之 Pearson 相關性分析

**Table 6.** Pearson correlation coefficients between the abundance of endemic, exotic and generalist species of fishes, and precipitation, number of raining days, RPI-values, WQI<sub>8</sub>-values, BOD, arsenic concentration, and other 14 water quality parameters of Fazih River, 2000 to 2007

Fishes	Precipitation	Raining days	RPI	WQI <sub>8</sub>	BOD	Arsenic	Other 14 parameters
Endemic	-0.253**	-0.197*	0.176	-0.217*	0.260**	0.042	No significant correlation
Exotic	-0.256**	-0.319**	0.045	-0.083	0.167	-0.536**	
Generalist	0.092	0.022	0.108	-0.050	0.038	-0.236	

\*\*Significant level at 5% ( $p < 0.05$ ).

\*Significant level at 1% ( $p < 0.01$ ).

## 結 論

一、筏子溪為吳郭魚(外來種)入侵嚴重之都市型溪流，其主要原因在於筏子溪平均海拔高度偏低(F1 測站最高海拔僅 112m)、溪床地勢變化小，水流流速平緩，具有水溫高及水質差的特性，且吳郭魚為耐污性強

及喜好高水溫之魚種，此棲地環境甚為適合吳郭魚棲息與繁衍，導致吳郭魚於筏子溪大量存在，成為筏子溪最優勢魚種。

二、筏子溪之優勢魚類，吳郭魚(外來種最優勢)與明潭吻鰕虎(台灣特有種最優勢)之數量呈現反比趨勢，表示兩種魚類具有相互消長作用，也代表著當外來種入侵族群量過

於龐大時，將對台灣特有種的族群產生威脅。

- 三、由季變化可看出筏子溪魚類數量主要受到降雨量的影響而呈現負成長趨勢，季雨量過大會造成魚類族群數量的銳減，尤其是當季雨量超過 800 mm 時，對於魚類族群產生的影響最為嚴重，魚類族群的回復情形也極為緩慢。
- 四、經由 RPI 及 WQI<sub>8</sub> 分析結果發現，F2 在 2004 年下半年開始，水質污染開始呈現大於 F5 測站的趨勢，最大的轉折點發生在 2005 年 3 月，其原因是否因中科台中園區之營運導致 F2 測站水質污染，有待持續調查追蹤查明。最下游 F5 測站之水質有日益改善趨勢，本研究發現與台中市整體污水處理率提升有關，台中污水下水道接管率之普及，確實能達成筏子溪水質改善的功能。
- 五、Pearson 相關性分析結果發現，台灣特有種及外來種均會受到降雨量、降雨天數的影響，導致魚類豐度及種歧異度減少；重金屬離子砷，與外來種呈現負相關趨勢，值得密切注意與監控筏子溪重金屬的排放量，避免重金屬污染危害筏子溪的魚類生存；廣布性魚種由於環境適應力較強的關係，與降雨及水質無相關性趨勢。

## 引用文獻

- 內政部營建署。2008。全國污水下水道用戶接管普及率及整體污水處理率統計表。  
<http://www.cpami.gov.tw/>
- 王漢泉。1983。淡水河流域魚類分布與水質關係之初步研究。中國水產 372: 25-34。
- 白梅玲、李培芬、端木茂甯。2006。氣候變遷對台灣淡水魚多樣性之衝擊評估。全球變遷通訊雜誌 49: 23-37。
- 石再添、張津端、黃阿有。1986。基隆河的水污染及其變遷。工程環境會刊 7: 55-66。
- 江漢全。1996。水質分析。三民書局。台北。
- 周建成、溫清光。1990。台灣河川水質指數之建立。國立成功大學環工所碩士論文。
- 陳文吉。2002。聚電解質加強超過濾移除水中重金屬之研究。國立屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文。p.1-8。
- 陳伯中。2000。藻類作為水庫水質監測指標之重要性-以德基水庫為例。集水區保育。中國文化大學環境設計學院景觀學系發行。台北。p.107-126。
- 陳榮宗、何平合、李訓煌。1993。外來種淡水魚類及蝦類在台灣河川之分布概況。特有生物研究 5: 33-46。
- 溫清光。2000。河川水質監測實務講習班講義。環保署訓練所。
- Alsop, D. H., J. C. McGeer, D. G. McDonald and C. M. Wood. 1999. Costs of chronic waterborne zinc exposure and the consequences of zinc acclimation on the gill/zinc interactions of rainbow trout in hard and soft water. Environmental Toxicology and Chemistry 18: 1014-1025.
- Angermeier, P. L. and G. Davideanu. 2004. Using fish communities to assess streams in Romania: Initial development of an index of biotic integrity. Hydrobiologia 511: 65-78.
- Bervoets, L. and R. Blust. 2003. Metal concentrations in water, sediment and gudgeon (*Gobio gobio*) from a pollution gradient: Relationship with fish condition factor. Environmental Pollution 126: 9-19.
- Bervoets, L., G. Knaepkens, M. Eens and R. Blust. 2005. Fish community responses to metal pollution. Environmental Pollution 138: 338-349.
- Hollis, L., J. C. McGeer, D. G. McDonald and C. M. Wood. 1999. Cadmium accumulation,

- gill Cd binding, acclimation, and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 46: 101-119.
- Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6: 21-27.
- Maret, T. R., C. T. Robinson and G. W. Minshall. 1997. Fish assemblages and environmental correlates in least-disturbed streams of the upper Snake River basin. *Transactions of the American Fisheries Society* 126: 200-216.
- Pirhalla, D. E. 2004. Evaluating fish-habitat relationships for refining regional indexes of biotic integrity: Development of a tolerance index of habitat degradation for Maryland stream fishes. *Transactions of the American Fisheries Society* 133: 144-159.
- Sörensen, E. M. 1991. Cadmium. *In*: Sörensen, E. M. (ed.). *Metal poisoning in fish*. CRC Press, Boca Raton. p. 175-234.
- Wang, T. Y., C. S. Tzeng and S. C. Shen. 1999. Conservation and phylogeography of Taiwan paradise fish, *Macropodus opercularis* Linnaeus. *Acta Zoologica Taiwanica* 10: 121-134.
- Wolter, C., J. Minow, A. Vilcinskas and U. A. Grosch. 2000. Long-term effects of human influence on fish community structure and fisheries in Berlin waters: An urban water system. *Fisheries Management and Ecology* 7: 97-104.

