

國立東華大學自然資源與環境學系

碩士論文

指導教授：黃文彬 博士

菊池氏細鯽之生殖生物學研究

Reproductive biology of medaka *Aphyocypris kikuchii*



研究生：張君如 撰

中華民國一〇一年七月

學位考試委員會審定書

國立東華大學 自然資源與環境學系碩士班

研究生 張君如 君所提之論文

(題目) 菊池氏細鯽之生殖生物學研究
Reproductive biology of medaka *Aphyocypris kikuchii*

經本委員會審查並舉行口試，認為

符合碩士學位標準。

學位考試委員會召集人

許晉榮

簽章

委員

簽章

委員

黃文彬

簽章

委員

陳俊堯

簽章

指導教授

黃文彬

簽章

系主任
(所長)

吳海音

簽章

中華民國 101 年 7 月 14 日

謝辭

終於到了寫謝誌的時刻，兩年的時間不算短暫，但也匆匆的就這樣經歷過，研究所能夠順利畢業，真的要感謝太多人的教誨與幫助。

首先，最為感謝的是我的指導教授黃文彬老師。由論文题目的發想，到之後的實地執行與分析撰寫，老師總在我疑惑時清楚地點醒我該走的方向，給予我建議與協助，因此，這份論文的完成要感謝老師的付出與包容，讓學生得以完成碩士學業。此外，感謝兩位口試委員許晉榮老師與陳俊堯老師對這份論文的建言。感謝許晉榮老師與陳俊堯老師在百忙之中不辭辛勞，仍願意擔任這份論文的口試委員，同時以豐富的學術涵養與嚴謹的研究態度，給予這份論文精闢的見解與寶貴的建議，使得這份論文能夠更為完整。

實驗室的生活，謝謝的仁輝、小簡、汪汪學長和郁淳學姐們引領我進入研究，謝謝瑋婷、小馬和亦鈞總是陪我一同處理樣本。而這份論文得以完成要特別感謝花蓮縣水培所的陳德華、黃侑勛、俞淵齊先生的幫助，提供我相關資訊及充足的樣本完成這項研究。

在研究所的這段期間，在課業與生活上，很開心有 POPO、世穎、大頭、怡蓉、泰力在一旁共同努力，讓學習過程充滿樂趣；謝謝維麟和小隻的加油打氣，有妳們的陪伴讓我研究生活過得多采多姿；謝謝詩瑋用不同角度，給我許多正向的看法來面對未來；謝謝小桃在忙碌中還回花蓮陪我散心、教我統計；謝謝小瑪莉在我心情低落時總竭盡能力地逗我開心；謝謝惠鈞學姐對我的照顧與指導，有妳的經驗傳承我才能順利完成實驗；謝謝我最親愛的摯友李姿穎小姐，總在我無助時給予無盡的包容與支持。

最後，謝謝我的家人，感謝姐姐在我迷惑時，給予我實用的分析與建議，感謝爸爸媽媽，給予我衣食無缺的環境，讓我能完成碩士學位，謝謝你們對我的照顧與包容，未來換我來照顧你們。

回首過去，感謝所有曾經為我擔心、幫助我與照顧我的人，謝謝你們，因為你們的幫助我才能順利完成這份論文。

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	V
中文摘要.....	VII
英文摘要.....	IX
壹、 前言.....	1
一、 動機.....	1
二、 硬骨魚生殖生物學.....	2
三、 台灣的淡水魚類.....	4
四、 菊池氏細鯽.....	5
五、 研究目的.....	7
貳、 材料方法.....	9
一、 樣本來源與處理.....	9
二、 單位重量卵粒數與卵徑大小分布.....	9
三、 組織切片.....	10
四、 卵母細胞發育期.....	11
五、 生殖參數計算.....	13
六、 卵徑之月頻度分布.....	14
七、 環境資料.....	14
八、 統計分析.....	14
參、 結果.....	17
一、 體長與體重關係.....	17
二、 生殖腺指數.....	17
三、 肥滿度.....	18
四、 單位重量卵粒數與卵徑大小分布.....	18
五、 卵細胞發育期.....	19
六、 雌魚成熟度月別變化.....	20
七、 卵徑之月頻度分布.....	20

八、	孕卵數及產卵數	21
九、	卵巢外觀與發育	21
十、	溫度與雨量之影響	22
肆、	討論	25
一、	卵母細胞發育	25
二、	CF 與 GSI 變化	26
三、	總卵數、孕卵數、產卵數與卵徑	27
四、	溫度與降雨量之環境影響	28
	參考文獻	31
	附錄 1	61

表目錄

表 1. 菊池氏細鯽樣本的採集日期、樣本數及樣本體長與體重範圍	37
表 2. 菊池氏細鯽卵巢六個部位之卵數統計表.....	38
表 3. 菊池氏細鯽個體與卵巢六個部位卵粒數之雙向變異數分析表	39
表 4. 卵巢發育階段之外部形態、GSI 及組織學形態.....	40
表 5. 日照時數、溫度與雨量.....	41

圖目錄

圖 1. 菊池氏細鯽(A)雌魚與(B)雄魚性腺外觀.....	43
圖 2. 菊池氏細鯽卵巢六個部位卵粒檢定示意圖.....	44
圖 3. 菊池氏細鯽(A)雌魚與(B)雄魚之全長頻度分佈.....	45
圖 4. 菊池氏細鯽(A)雌魚與(B)雄魚之體重頻度分佈.....	46
圖 5. 菊池氏細鯽(A)雌魚與(B)雄魚之全長(TL)與體重(BW)迴歸關係.....	47
圖 6. 菊池氏細鯽(A)雌魚與(B)雄魚之生殖腺指數(GSI)月別變化.....	48
圖 7. 菊池氏細鯽(A)雌魚與(B)雄魚之肥滿度(CF)月別變化.....	49
圖 8. 六尾雌魚(A-F)六個部位(LA、LB、LC、RA、RB、RC)之卵徑頻度分佈	50
圖 9. 周仁期(peri-nucleolar stage, Pn).....	51
圖 10. 表層囊泡前期(early cortical alveoli stage, CA1).....	51
圖 11. 表層囊泡後期(late cortical alveoli stage, CA2).....	52
圖 12. 初級卵黃球期(primary yolk stage, YF1).....	52
圖 13. 次級卵黃球期(secondary yolk stage, YF2).....	53
圖 14. 第三級卵黃球期(tertiary yolk stage, YF3).....	53
圖 15. 雌魚成熟度月別變化.....	54
圖 16. 卵徑月別最成熟個體卵徑頻度分佈.....	55
圖 17. 總卵數(A)、孕卵數(B)及產卵數(C)對體重之關係圖.....	56
圖 18. 總卵數(A)、孕卵數(B)及產卵數(C)對體長之關係圖.....	57
圖 19. 卵巢不同發育階段卵巢外觀特徵.....	58
圖 20. 溫度與降雨量.....	59

中文摘要

菊池氏細鯽 (*Aphyocypris Kikuchii*) 為台灣特有魚種，主要分布在台灣東部地區，近年來因為人為開發、棲地破壞及外來魚種之生存競爭等因素，造成族群數量減少，恐有絕種之虞。本論文將對該魚之卵巢卵母細胞發育和卵巢外觀成熟階段判定、孕卵數及生殖季等生殖生物學進行研究。自 2011 年 1 月開始至 2011 年 12 月，共採集樣本數量 673 尾，其中包含雌魚 332 尾，雄魚 341 尾。透過卵巢組織切片之觀察，可發現該魚樣本卵巢卵母細胞之發育階段具有周仁期 (Pn)、表層囊泡前期 (CA1)、表層囊泡後期 (CA2)、初級卵黃球期 (YF1)、次級卵黃球期 (YF2)、第三級卵黃球期 (YF3) 等六期，但未發現最後之成熟期卵。以 YF3 期卵數佔卵巢總卵數比率高低程度之個體分析，研究結果顯示，高成熟個體在十一月份所佔比率最高為 (80%)，十二月份最低 (7%)。其中，除十二月份，其餘 11 個月高成熟個體所佔比率均大於 36%。由外觀判定，卵巢發育可分為未成熟期、成熟早期、成熟晚期、完熟期等 4 期，除了未成熟期外，其餘三期之生殖腺指數 (GSI) 與 YF3 期卵數佔卵巢總卵數比率之平均值，分別為 5.97、13.58、24.43 與 14.41%、43.56%、54.59%。卵巢內之卵數密度，在左右葉與上中下區域間無顯著差異，並且卵巢各區域之卵徑頻度分佈極為一致，顯示該魚卵巢發育具均勻性。月別卵徑分佈結果顯示，該魚卵巢內卵之大小主要有二大群，一群眾數約在卵徑 0.1 - 0.3 mm，另一群約為 0.7 - 0.8 mm。經由卵巢發育期、卵徑頻度分佈、GSI 之月別變化及肥滿度 (CF)，可知該魚全年皆可產卵，而主要生殖期為一月至十一月。由卵巢內具有各種不同發育時期的卵母細胞顯示，該魚之卵巢發育為多批次產卵之非同步發育型。該魚每尾成熟雌魚卵巢內總卵數、孕卵數及產卵數，分別約為 2,727 - 24,035、1,595 - 15,130、781 - 11,664 粒。

關鍵字：菊池氏細鯽、生殖生物學、組織切片、孕卵數、生殖腺指數

Abstract

The Kikuchi minnow (*Aphyocypris Kikuchii*) is an endemic species distributed in eastern Taiwan. Recent years of anthropogenic exploitation, habitat destruction, and competition with alien species have resulted in population decline of the fish and it is now facing the probability of extinction. This study examined the reproductive biology of the Kikuchi minnow and focused on oocyte development, maturity stage observation of ovaries, fecundity, and reproductive seasons. Six hundred and seventy three individuals, 332 females and 341 males, were collected from January to December, 2011. Observations from ovarian tissue sections showed six stages of oocyte development : the early cortical alveoli stage (CA1), late cortical alveoli stage (CA2), primary yolk stage (YF1), secondary yolk stage (YF2), and tertiary yolk stage (YF3). No observation of the maturation stage was found. The ratio of the number of YF3 eggs to the total number of eggs in the ovaries of highly mature individuals was highest in November (80 %) and lowest in December (7 %). Among the results, percentages of highly mature individuals were higher than 36 % in all months except December. Judging by appearance, ovarian development can be divided into 4 stages : immature stage, early maturing stage, late maturing stage, and matured stage. Not including the immature stage, the gonadosomatic index (GSI) and the mean ratio of the number of YF3 eggs to the total number of eggs in the 3 remaining stages were 5.97, 13.58, and 24.43 and 14.41 %, 43.56 %, and 54.59 % , respectively. No significant difference of egg density was found between the left and right lobes, and the upper, middle, and lower sections of the ovaries. Furthermore, frequency distributions of the oocyte size, showed uniform development in the ovary. Results of monthly oocyte diameter showed that egg size can be divided into two groups : one with oocyte diameter ranging from 0.1 to 0.3 mm, and the other ranging

from 0.7 to 0.8 mm. Through development stages of the ovary, oocyte size-frequency, and monthly variations of GSI and condition factor (CF), the Kikuchi minnow is capable of spawning year round, and the main reproduction season is from January to November. With a variety of different developmental stages of oocytes in the ovary, ovarian development of the fish is asynchronous with multiple spawning. Total fecundity, fecundity, and batch fecundity in the ovary of mature females ranged from 2,727 to 24,035, 1,595 to 15,130, and 781 to 11,664.

Keywords : Kikuchi minnow, Reproductive biology, Tissue section, Fecundity, Gonadosomatic Index

壹、 前言

一、 動機

台灣雖擁有 140 餘種的淡水魚，但目前已有 12 種滅絕，其餘的不論是在分佈上或是數量上均在銳減中，造成台灣淡水魚枯竭的原因很多，諸如非法的電魚、毒魚、棲地的破壞、水壩與攔砂壩的興建，漫無限制的垂釣與捕撈，以及河川汙染等，均是重要的因素 (林 1990)。菊池氏細鯽為台灣瀕危之淡水魚 (方等 2008)。曾等 (2008) 在淡水魚類資源評估及保育類名錄建立機制之研究中曾提到，菊池氏細鯽缺少足夠的生態和生物學資訊，目前無法判斷應該如何加以保護，或是保護的具體效果如何。

菊池氏細鯽 (*Aphyocypris kikuchii*) 屬於硬骨魚綱 (Osteichthyes)、鯉形目 (Cypriniformes)、 鯉科 (Cobitidae)、雅羅魚亞科 (Danioninae)、細鯽屬 (*Aphyocypris*) 魚類，俗稱為美達卡、吉氏細鯽、台細鯽 (沈 1993； 陳和張 2005)。目前，台灣淡水魚類中有 37 種為台灣特有魚種，菊池氏細鯽也名列其中 (陳和方 2000)。

菊池氏細鯽現今僅東部地區，有部分的族群零星散佈 (鄭等 2009)。其族群萎縮的原因，除了人類的開發壓力外，在人為引進東部地區之外來魚種中，粗首馬口鱮 (*Opsariichthys pachycephalus*) 與鱮魚 (*Hemiculter leucisculus*) 由於食性與菊池氏細鯽相近，其生態區位 (ecological niche) 與菊池氏細鯽重疊，甚至更具競爭優勢，因而造成種間的生存競爭，致使菊池氏細鯽族群數量減少 (陳和方 1999)；此外，不符其棲息條件的河川湖泊整治工程，更使原有棲地日漸消失，造成菊池氏細鯽族群生存極受威脅，恐有絕種之虞 (陳和張 2005)。目前，台灣的水域環境對於生存其間的原生魚種而言，威脅與日俱增，再加上許多原生魚種

被排除在保育名錄之外，基礎調查闕如而且其族群數量稀少、現況更是鮮為人知，菊池氏細鯽之處境即為一例 (廖等 2005)。

為了評估菊池氏細鯽資源現況，其生物學資料的蒐集與研究不僅應及時，更是有其必要性，而其中生殖生物學的資料是魚類資源評估及管理的主要基礎。因此，本論文想針對菊池氏細鯽的生殖生態特性詳加研究分析，用以提供菊池氏細鯽未來進行資源評估與管理時一基礎參考資料。

二、 硬骨魚生殖生物學

硬骨魚類的生殖生物學，通常僅針對具有商業價值或珍貴的本土魚種進行研究，而其研究大多採用仔稚魚調查、卵巢外部形態或組織學觀察卵巢發育情形等方法進行 (Smith and Walker 2004)。例如，斑馬魚 (*Danio rerio*) 因具有相對較大的卵粒、受精後在 26 °C 下 72 小時即可孵化、其胚胎透明容易觀察及世代短 (幾個月) 等眾多作為生物學研究實驗動物之優點，因此與其胚胎生物學與生殖生物學相關之體外受精與卵母細胞的發育與形成等過程，已被詳細研究 (Özlem and Sema 2007)。為了以室內養殖方式讓澳大利亞的大型高價魚種墨瑞鱈 (*Maccullochella peelii peelii*) 提高生產力，針對該魚魚體能量儲存指數，如肥滿度 (condition factor, CF)、肝體指數 (hepatosomatic index)、內臟脂肪指數 (visceral fat index)、血液中類固醇激素之 17 β -雌二醇 (17 β -oestradiol) 及睪丸酮 (testosterone)、及卵母細胞在卵巢發育情形等方面進行研究，取得生殖相關參數之參考後，用以訂定適當的親魚養殖管理策略 (Dane *et al.* 2007)。

魚類生殖生物學之研究有助於物種系群之資源評估，進而協助漁業實施必要性的監控與管理 (Elton and Favaro 2011)。太平洋黑鮪 (*Thunnus orientalis*) 之迴游、分布、海洋環境關係及黑鮪之成熟與孕卵數等生殖生物學資料，可作為鮪

類資源量的監控與管理、漁獲配額之參考 (吳 2005)。以組織學觀察比目魚 (*Etropus crossotus*) 卵巢發育與計算最初成熟體長，有助於法律規範捕獲大小及水產養殖和河口地區的管理 (Elton and Favaro 2011)。利用體長體關係、年齡組成、孕卵數與卵巢組織學等方法，對裏海的庫圖擬鯉 (*Rutilus frisii kutum*) 進行生殖生物學研究，可探討該物種之最佳捕獲量 (harvest) 與最適利用 (optimum utilization) (Shafiei *et al.* 2010)。

魚類生殖過程之研究，有助於分析物種的生物學和推論環境關係 (Elton and Favaro 2011)。要徹底了解硬骨魚類的生殖生理，需要對魚卵成熟度與卵巢週期進行研究 (Özlem and Sema 2007)。在魚類生殖生物學研究中，利用組織學觀察來評估個別魚的性腺發育是最準確的方法，但費時費錢；相對地，依卵母細胞發育階段將卵巢外觀分期，再利用此卵巢外觀分期回推判定該魚發育階段，是最簡單迅速且為廣泛利用的方法 (West 1990)。殷 (1998) 也認為，依據性腺發育不同時期所相對應表現的外部形態特徵劃分，適用於野外觀測。

大多數魚類是周期性產卵的，但不同種的魚類具有不同的時間周期。Clark (1934) 曾利用卵徑頻度分析，評估加州沙丁魚的卵巢各發育階段與生殖季。根據卵母細胞在卵巢中發育與卵徑分布的情形，魚類產卵次數或批數的類型可區分為下列三種 (施 1999； West 1990； Wallace and Selman 1981)：

(一) 同步發育型 (synchronous)

所有卵母細胞一旦形成，即同步成長至排出卵巢，大小為同一模式且不會補充初期卵母細胞，同時母體產卵後即死亡。例如朔河迴游產卵的鈎吻鮭屬 (*Oncorhynchus*) 或降河產卵的鰻魚 (*Anguillidae*)。

(二) 卵群同步發育型 (group synchronous)

卵巢中至少有兩個不同發育時期的卵母細胞群，是硬骨魚類最常見的類型，較大卵群之卵徑分布通常比較小卵群均勻，產卵季節短促，例如青魚

(*Mylopharyngodon piceus*)、草魚 (*Ctenopharyngodon idella*)、鱧魚 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鱮魚 (*Aristichthys nobilis*) 等魚類。

(三) 非同步發育型 (asynchronous)

卵巢中含有各種不同發育時期的卵母細胞，沒有主要的卵群，除了成熟卵巢外，其各發育期之卵徑分布呈連續性。這種類型的魚類具較長的產卵季節且會進行多次分批產卵，例如青鱈 (*Oryzias latipes*)、鯉魚 (*Cyprinus carpio carpio*)、鯽魚 (*Carassius auratus auratus*)。

三、 台灣的淡水魚類

地球在過去一百萬年之間，曾發生了多次冰河期，並造成全球海面下降，使台灣海峽成為陸地。於是台灣與大陸水系相連，歐亞大陸地區的淡水魚類藉著水系相連拓遷至台灣。而台灣在多次發生隔離與相連等地理變遷下，造成明顯的種化，阻絕了種間遺傳基因的流通，產生了數十種台灣特有魚種 (陳和方 2002)。生殖週期較短、成長快速而成熟早的小型魚類，能充分適應台灣短小而湍急的溪流生態，因此成功地演化出許多特有種 (方和陳 2002)。

在台灣的淡水魚類的分佈上，可以很明顯的區劃出三個動物地理區 (林等 2005)：(一) 東部地理區。包含中央山脈以東之溪流域，包含卑南溪、秀姑巒溪、花蓮溪、立霧溪等之溪流域。(二) 南部地區：包含中央山脈以西，濁水溪以南之曾文溪、高屏溪等流域。(三) 中、北部地區：包括中央山脈以西、濁水溪以北的區域。台灣淡水魚類在分佈上明顯有從南、北兩端往中部地區逐漸分布的情形，中部地區自然成為南北兩區魚類分布的過渡地帶。而南北走向的中央山脈，產生了東西分隔的水系。這道地理阻隔界限，使得台灣東西兩側的魚類相有極大的區隔，東部的淡水魚類，也因高聳的中央山脈阻擋，物種數並不像西部多 (陳及方 2002，林等 2005)。菊池氏細鯽是唯一一種主要分布在海岸山脈東部的

淡水魚類 (Lin *et al.* 2008)。

目前台灣的淡水魚生殖生物學研究有：張等 (1998) 收集原生魚種台灣鐘頷魚 (*Varicorhinus barbatulus*) 之外型特徵、生殖季節、產卵類型、孕卵數 (Fecundity, F)、性成熟體長、CF 變化等有關的生活史資料，進行生殖生物學的研究，作為瞭解該物種之基礎。顏等 (1995) 以台灣馬口魚 (*Zacco barbata*) 之體長體重關係、生殖腺指數 (Gonadosomatic Index, GSI)、卵徑與卵粒數，對其族群結構、兩性差異及生殖週期進行探討。Wang *et al.* (1995) 將粗首馬口鱮 (*Zacco pachycephaks*) 之體長體重關係、CF、GSI、F 等生殖參數及小魚補充、交配行為進行研究，提供生活史資訊。許 (1991) 利用石鱮 (*Acrossocheilus paradoxus*) 之體長、體重、組織切片、卵徑分析與生殖參數 (CF、F、GSI) 進行研究，進而了解石鱮的生殖周期及生殖策略。陳 (2004) 將條紋二鬚鮃 (*Puntius semifasciolatus*) 經外部型態觀察、卵巢組織切片觀察、GSI 計算、卵徑頻度分布、F 估計等來探討其生殖週期、產卵量。

四、 菊池氏細鯽

菊池氏細鯽屬於初級性淡水魚，棲息在較淺流的河段、水渠中，或是水生植物繁生的池沼水域 (劉和黃 2010)。賴等 (2010) 的研究指出，菊池氏細鯽為雜食偏肉食性，並無明顯的地域競爭性。喜成群活動，以藻類、小型水生生物與掉落水面的昆蟲為食。在外觀形態上，菊池氏細鯽為小型魚，體被圓鱗，身體延長，側扁、腹部圓。口端上位，下頷略突出，無鬚，吻鈍，口裂略大往下裂。鰭式及鱗列特徵為背鰭 2, 7；臀鰭 2, 7；胸鰭 1, 13；腹鰭 1, 7；咽頭齒 5.3-4.4；側線鱗 10-11。體色呈淺黃褐色，背部微黃綠色，腹部灰白色，各鰭微黃或白色。成魚體側自眼後至尾鰭基部有一暗藍色縱帶。側線較短且不完全，向後延伸至腹鰭基部上方。一般以 3 - 5 公分較為普遍，成魚可達 7 公分。雌雄兼體型差異明

顯：成年雄魚體長約 8 公分，發情期鰓蓋上及吻部有細小追星出現；雌魚體型較大，可達約 10 公分，腹部膨大 (沈 1993； 陳和方 1999； 陳和張 2005)。

菊池氏細鯽以往廣泛分佈於淡水河至東部卑南溪水系，近年族群快速萎縮並形成零星分布，目前僅剩台北縣 1 處、宜蘭縣 1 處、花東地區的花蓮溪、秀姑巒溪和卑南溪等 3 條河川，以及海岸山脈 2 條小溪，數量稀少，是保育名錄之外的台灣珍稀魚類 (廖等 2005)。其中，台北縣族群之主要棲地已因土地開發而消失。過去馬武窟溪也曾有分布，當地居民稱為浮水魚，作為浮游磯釣的活餌，但是目前族群已滅絕 (蔡 2006)。據傳早期食物缺乏的年代，池上便當就以菊池氏細鯽魚干為配菜 (陳和張 2005)。賴等 (2010) 的研究指出，由於菊池氏細鯽具有觀賞及海釣誘餌的價值，加上棲息地受到天然災害或溪流整治影響，造成河床水生植物減少，推論這些原因應該是造成菊池氏細鯽數量近年來在原棲地數目逐漸減少的主因。

Lin *et al.* (2008) 在基隆河、蘭陽溪、水璉溪、花蓮溪、秀姑巒溪、卑南溪、成功河採集菊池氏細鯽，發現菊池氏細鯽族群具有極高的遺傳多樣性，並推測菊池氏細鯽親緣地理模式可能是從水璉溪，經由南北兩條路徑遷徙，向北經中央山脈進入蘭陽溪在進入淡水河，向南進入花東縱谷之花蓮、秀姑巒與卑南溪，後因山脈阻隔族群分成三個地理區：(一) 中央山脈以北的基隆、蘭陽群，(二) 海岸山脈以東的水璉與成功群，(三) 中央山脈以南，位於花東縱谷的花蓮、秀姑巒與卑南群，且地理區間有極高的遺傳分化。

賴等 (2010) 在菊池氏細鯽人工繁養殖研究中發現，菊池氏細鯽的卵粒為沉性帶黏性卵，卵徑平均約為 1.16 mm。魚卵於水溫 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 下，其平均積溫值 (cumulative temperature) 為 31 degree-days。出孵化魚苗幾近透明，全長約為 3.3 mm，平均每天全長增加速率約為 0.4 mm/day，孵出第 3 天 (days after hatch,

DAH) 可開始攝食餌料，13 DAH 已可觀察到背鰭與臀鰭發育完整，19 DAH 尾鰭發育完整，30 DAH 可觀察到鱗片發育完整，此時與成魚的外表形態類似。此外，賴等 (2010) 也發現該魚主要將卵產於沉水植物直立部分與浮水植物的根部，因此在生殖時若缺乏水生植物，其受精卵的孵化成功率會大幅降低。

在台灣細鯽屬之魚種，除了菊池氏細鯽外，還有 *A. amnis* 和 *A. moltrechti*；*A. amnis* 僅在水里溪中發現，*A. moltrechti* 則是在大肚溪與大甲溪中發現 (Liao *et al.* 2011)。在大陸地區，同樣為細鯽屬的有在香港地區的林氏細鯽 (*A. lini*)，其成年體長約 50 mm，棲息在亞熱帶雜草繁生的溝渠和溪流淡水中，產卵在砂質和礫石底部，但目前因人類活動破壞原有棲息地，已在野外滅絕 (Hu *et al.* 2009)。另一同屬的中華細鯽 (*A. chinensis*) 廣泛分佈在中國、韓國及日本九州北部地區，其中在日本地區的中華細鯽在過去 20 年來數量大量減少且最後一次發現是在 1994 年，因此目前被列為瀕危物種 (endangered species) (Ohara and Takagi 2007)。

五、 研究目的

目前，身為台灣特有種之一的菊池氏細鯽，其相關研究文獻主要集中在外形與生態上的書籍介紹 (沈 1993； 陳和方 1999； 曾 1986； 陳和張 2005) 及親緣地理之研究 (Lin *et al.* 2008) 等。而魚類的生殖相關研究，僅有賴等 (2010) 發表的菊池氏細鯽人工繁養殖及幼苗發育。因此，本研究想要菊池氏細鯽的生殖生態特性詳加研究分析，包括卵巢內之卵母細胞之發育情形及卵巢外觀之成熟階段判定、卵巢內卵數、生殖季等生殖生物學的資訊，以期未來能作為該魚生態保育與管理措施訂定之生殖生物學參考資料。

貳、 材料方法

一、 樣本來源與處理

在 2011 年 1 月- 12 月間，每月於花蓮縣水產培育中心之成魚蓄養池中採集 30 - 60 尾菊池氏細鯽成魚，作為該魚生殖生物學研究之魚體樣本。花蓮縣水產培育中心之種魚採集自花蓮縣壽豐鄉水璉溪上游，每年會在魚池中放入當年繁殖的小魚及河川調查捕抓到的菊池氏細鯽，畜養期間，每日以魚體狀況投餵飼料 1 - 3 次。

每月採集之樣本均在活體的狀態下運送至實驗室，並且在冰昏後進行全長 (total length, TL) 及體重 (body weight, BW) 的測量，其長度量測精準至 0.1 cm、重量測精準至 0.01 g。接著，解剖魚體取出生殖腺並去除內臟後，測量去內臟重及生殖腺重 (精準至 0.01 g)。觀察卵巢外型、依據生殖腺之外型及顏色等特徵判定性別與記錄後，浸入 10 % 福馬林中保存，以供後續組織切片、卵徑測量、孕卵數估計等其他生殖相關參數測定使用。卵巢在福馬林中之重量變化請參考 (附錄 1.)。

二、 單位重量卵粒數與卵徑大小分布

卵巢內組織樣本取樣位置的不同，可能會影響後續研究結果之不同 (Hunter *et al.* 1985)。因此，在進行卵巢組織切片、卵徑測量及孕卵數估算前，必須先行瞭解該魚卵巢內不同部位間之卵徑頻度與數量是否存在差異，用以評定卵巢取樣部位。為瞭解菊池氏細鯽卵巢左右之間或是不同部位間，在卵粒大小與數量上是否有差異性，本研究參考 Hunter *et al.* (1985) 及 Lee *et al.* (2005) 的做法，於產卵期採集 6 尾不同 GSI 的雌魚，並依下列方法計算其卵巢內六個不同部位的卵數與

卵徑。

- (一) 卵數：將固定在 10 %福馬林中的卵巢分為左右兩葉，每葉分成前、中、後三個部位，一個樣本取自正中央，另外兩個分別取自距離卵巢兩端三分之一，總共六個部位 (圖 2)，各取 1 小塊卵粒組織，每小塊 0.05 g。計算前先將卵塊浸泡於 33 %甘油中 15 - 30 分鐘。Hunter *et al.* (1985) 指出，浸泡甘油的 24 小時內，不會影響卵徑大小。接著使用探針將卵細胞與結締組織分離後，置於光學顯微鏡下計數每塊卵粒組織之卵數。
- (二) 卵徑：在此卵巢六個部位中，每個部位隨機選取 100 粒卵，放置在生物顯微鏡測量玻片上，接著於光學顯微鏡下測量卵徑。由於魚卵在福馬林終固定後，外形非正圓形，因此在卵徑之測量時，以卵徑之最長軸及最短軸之平均值做為卵之平均直徑 (Clark 1934)。

三、 組織切片

組織切片之處理方法系參考郭等 (1989) 與 Bagenal (1973)，其過程如下：

- (一) 固定 (fixation)：剛取下之生殖腺組織先以 10 %福馬林溶液加以固定，時間均在 2 週以上。
- (二) 脫水 (dehydration)：先從福馬林液中取出卵巢，以紙巾吸拭多餘福馬林，將固定完成之生殖腺切下體積約 0.2 mm^3 小塊，放入已編號之塑膠包埋盒中，分別浸泡 75 %、80 %、95 %、95 %、100 %、100 %酒精各 20 - 30 分鐘，依序進行脫水。
- (三) 透明 (clearing)：使用 xylene 清洗組織中之酒精，連續兩次各 20 - 30 分鐘，讓組織更透明。
- (四) 浸潤 (infiltration)：將清洗過的組織置入石蠟液中，一次 1 : 1 之 xylene-paraffin 及連續兩次 paraffin，皆各 40 分鐘。
- (五) 包埋 (embedding)：將熔融的石蠟液滴入不銹鋼包埋模型內，再將經過前述

處理的之組織包埋其中，靜置冷卻，待完全凝固後取下組織包埋蠟塊。

(六) 切片 (sectioning)：將上述組織蠟塊修成適當大小，以迴轉式組織切片機 (Sakura Accu-cut SRM 2000) 切成 5 - 12 μm 之連續切片，放至水溫約 46 $^{\circ}\text{C}$ 左右之溫水伸展槽中伸展，再以載玻片輕撈，使組織切片黏附於載玻片中央後，玻片置於室溫下風乾。

(七) 染色 (staining)：以蘇木紫 (mayer's hematoxylin) 和伊紅 (eosin) 進行染色。其步驟如下：

1、脫蠟：以 xylene 脫蠟，連續兩次各 5 分鐘，接著以 100 % 酒精連續兩次各 3 分鐘，再依序以 95 % 酒精、80 % 酒精、70 % 酒精，各浸泡 2 分鐘，最後用流動緩慢之自來水水洗 5 分鐘。

2、染色：在蘇木紫染色約 15 分鐘後，用流動水清洗多餘染劑約 10 分鐘，再以伊紅染色 2 分鐘。其中，蘇木紫使細胞核呈藍紫色；伊紅使細胞質呈橘紅色。

3、脫水：95 % 酒精連續浸潤 3 次、靜置 100 % 酒精兩次各 2 分鐘。

4、透明：靜置 xylene 3 次，各 10 分鐘。

(八) 封膠 (mounting)：已染色之切片標本待乾後，以封片膠 Entellan (Merck) 進行封片保存。

四、 卵母細胞發育期

由於在大多數的硬骨魚類之卵母細胞 (oocyte) 之有相同的生長發展模式 (Tyler and Sumpter, 1996)，因此本論文綜合 Smith and Walker (2004)、Özlem and Sema (2007)、Kathiravelu *et al.* (2003) 及 Tyler and Sumpter (1996) 等之分類準則，卵細胞生長過程依序分為：周仁期 (peri-nucleolar stage, Pn)、表層囊泡前期 (early cortical alveoli stage, CA1)、表層囊泡後期 (late cortical alveoli stage, CA2)、初級卵黃球期 (primary yolk stage, YF1)、次級卵黃球期 (secondary yolk

stage, YF2)、第三級卵黃球期 (tertiary yolk stage, YF3)、成熟期 (maturation stage) 等七期，其主要特徵如下：

(一) 周仁期 (Pn)

卵母細胞非常微小、呈不規則球狀，細胞質稀少，有一個比例相對較大的細胞核，及一個至數個不等的核仁分佈在細胞核核內邊緣，與蘇木紫 (Mayer's hematoxylin) 有很強的親和力，和細胞質同樣呈嗜鹼性 (basophilic)。

(二) 表層囊泡前期 (CA1)

開始有許多不為蘇木紫或伊紅著色的小囊泡出現在細胞質中，在外圍環繞成圈，隨著囊泡增多圈數增加，小囊泡也凝聚成較大的囊泡，核仁開始轉為嗜酸性 (eosinophilic)、數目亦明顯增加。

(三) 表層囊泡後期 (CA2)

囊泡持續增加，佔據細胞質 1/2 以上，最終幾乎填滿整個細胞質，且細胞核膜與核仁的形狀越來越不規則。

(四) 初級卵黃球期 (YF1)

卵黃球開始散佈在囊泡中，呈嗜酸性為伊紅著色，與囊泡並存在細胞質中，是為此期的主要特徵；卵黃球佔據細胞質大約 1/3 左右，核仁數目更多，幾乎布滿整個核膜之內緣。

(五) 次級卵黃球期 (YF2)

卵黃球開始聚集在細胞核外圍，數目增加甚多，佔據細胞質約 2/3 左右，逐漸取代囊泡，此時囊泡分布逐漸侷限於細胞質外緣；細胞核的輪廓更佳褶曲，界限不清，卵黃球互相融和成較大的卵黃球。

(六) 第三級卵黃球期 (YF3)

卵黃球佔據細胞質 2/3 以上，呈強嗜酸性，卵黃球互相融合又大量堆積使得卵徑大幅度增加，核仁開始遷移至核中心亦漸漸消失，為卵細胞生長之終期。

(七) 成熟期 (maturation stage)

細胞核往動物極 (animal pole) 移動，卵黃球完全融合、匯合成一大卵黃團之卵細胞，準備排卵。

五、 生殖參數計算

(一) 生殖腺指數 (GSI): 用於衡量性腺發育程度和魚體能量資源在性腺和軀體之間的分配比例 (殷 1998)。

$$GSI = \frac{\text{生殖腺重}}{\text{魚體去內臟重}} \times 100\%$$

(二) 肥滿度 (CF): 用於衡量種群魚體豐滿程度、營養狀況和環境條件的指標 (殷 1998)。

$$CF = \frac{\text{體重}}{\text{體長}^3} \times 100$$

(三) 總卵數 (total fecundity, TF): 參考胡及余 (1976) 之作法，自卵巢右葉中段取 0.05g 重卵塊，計算全部卵數，再換算總卵巢重量而求出。

$$TF = 0.05 \text{ g 重卵塊中之卵數} \times \frac{\text{卵巢重(g)}}{0.05 \text{ (g)}}$$

(四) 孕卵數 (F): 本研究採用 Hunter *et al.* (1985) 及 Lee *et al.* (2005) 所提出之重量法，其方法是以一小塊 (0.05 g) 卵巢組織，估計發育階段為 YF1 以上之卵粒為孕卵數，其方程式為下：

$$F = 0.05 \text{ g 重卵塊中，YF1 期以上之卵數} \times \frac{\text{卵巢重(g)}}{0.05 \text{ (g)}}$$

(五) 產卵數 (batch fecundity, BF)：依 Hunter *et al.* (1985) 的描述中，單次產卵的計算方法主要有兩種，一為卵徑頻度法 (oocyte size frequency method)：計算最成熟卵粒群，另一為水卵法 (hydrated oocyte method)：計算所有水合卵。由於本研究在組織學觀察中未發現已達核移動期、卵黃球融合且開始進行水合作用的水卵樣本，因此採用卵徑頻度法，先以組織學觀察卵細胞發育之階段，得知最成熟階段為 YF3 卵徑為 0.5 mm，在計數最成熟階段之卵細胞數。其方程式為下：

$$BF = 0.05 \text{ g 重卵塊中, YF3 期以上之卵數} \times \frac{\text{卵巢重 (g)}}{0.05 \text{ (g)}}$$

六、 卵徑之月頻度分布

參考 Clark (1934) 作法，取每月最成熟之 6 尾雌魚，從其浸泡在 10 % 福馬林中之卵巢，選取右側卵巢中段之卵粒 100 顆，放置在生物顯微鏡測量玻片上，接著於光學顯微鏡下測量卵徑，繪製每月卵徑頻度分布圖。

七、 環境資料

環境因子會促進或抑制魚類的性腺發育、成熟和產卵 (殷 1998)。本論文所使用的環境因子資料，係由中央氣象局花蓮氣象站提供，花蓮地區每月之平均溫度 (°C) 及雨量 (毫米)。

八、 統計分析

本論文採用線性回歸 (linear regression) 分析體長體重關係及卵數對體長體重關係。雙因子變方分析 (two way analysis of variance) 檢定卵巢各部位組織之

卵細胞數目是否有顯著差異。以 0.05 mm 為組距，繪製卵徑頻度分布圖。將各項環境因子繪製成月別變化圖，且與雌雄魚之 GSI 及 CF 以 Spearman 進行相關係數分析。上述之統計分析，皆以 Microsoft Office Excel 2003 及 SPSS (ver. 12.0) 套裝軟體進行。

參、 結果

一、 體長與體重關係

菊池氏細鯽之樣本中，雌魚全長介於 48.30 - 101.20 mm 間 (表 1)、眾數位於 70 - 75 mm (圖 3)，雄魚全長介於 47.98 - 96.84 mm 間，眾數位於 70 - 75 mm；雌魚體重介於 0.95 - 15.17 g 之間，眾數位於 5 - 6 g (圖 4)；雄魚體重介於 0.91 - 10.80 g 之間，眾數位於 5 - 6 g。雌雄別全長與體重之關係式如下(圖 5)：

雌魚： $BW = 3.63 TL^{3.30}$ ($n = 332, r^2 = 0.90, p < 0.001, SE = 0.12$)

雄魚： $BW = 7.12 TL^{3.11}$ ($n = 341, r^2 = 0.87, p < 0.001, SE = 0.10$)

二、 生殖腺指數

菊池氏細鯽雌魚樣本之 GSI 範圍在 3.32 - 42.50 之間，各月份 GSI 平均範圍在 12.59 - 27.9 間，全年均維持一定水平 (圖 6)，最低值為 12 月 (12.59) (± 1.83)，4 - 11 月均在 20 % 以上，其中四月 27.9 (± 0.85) 為最高值。GSI 呈季節性變化，每季皆由低值往上升至一高價值，春季從三月的 17.09 (± 1.3) 至五月 27.69 (± 1.02)；夏季從六月 21 (± 0.69) 到八月 26.72 (± 1.22)，春夏兩季的高價值均在 26 % 以上；秋季從九月 23.73 (± 2.06) 到十一月 24.11 (± 2.06)；冬季十二月則驟降至最小值 12.59 (± 1.83)。

菊池氏細鯽雄魚樣本之 GSI 範圍在 1.42 - 7 之間，各月份平均值範圍在 3.07 - 3.85 間，全年均在 3 % 以上，最高值為四月 3.85 (± 0.22)，最低值為一月 3.07 (± 0.32)，雄性菊池氏細鯽之 GSI 值週期大約與雌魚相同，呈季節性變化，但變動幅度較低，春夏秋三季皆維持在較高的水平，同樣在四、五月與九、十月都一樣有高價值出現。

三、 肥滿度

菊池氏細鯽雌魚樣本之 CF 範圍在 0.84 - 2.63 之間，各月份 CF 平均範圍在 1.18 - 1.54 間 (圖 7)，最低值為十二月 1.18 (± 0.02)，最高值為五月 1.54 (± 0.03)。CF 與 GSI 同樣呈季節性變化，每季皆由低值往上升至一高峰值，僅一月二月份是由高至低，春季從三月的 1.21 (± 0.03) 至五月 1.54 (± 0.03)；夏季從六月 1.34 (± 0.01) 到八月 1.37 (± 0.03)；秋季從九月 1.41 (± 0.03) 到十一月 1.44 (± 0.02)；冬季十二月則驟降至最小值 1.18 (± 0.02)。

菊池氏細鯽雄魚樣本之 CF 範圍在 0.57 - 1.52 之間，各月份平均值範圍在 1.06 - 1.27，最低值為三月 1.06 (± 0.03)，最高值為一月 1.27 (± 0.04)。CF 與 GSI 同樣呈季節性變化，每季皆由低值往上升至一高峰值，僅一月二月份除外是由高至低，春季從三月的 1.27 (± 0.04) 至五月 1.14 (± 0.05)；夏季從六月 1.09 (± 0.01) 到八月 1.26 (± 0.02)；秋季從九月 1.16 (± 0.01) 到十一月 1.15 (± 0.01)；冬季十二月則降至 1.11 (± 0.01)。

四、 單位重量卵粒數與卵徑大小分布

卵巢六個部位之卵數統計 (表 2)，將經雙因子變方分析檢定，雌魚卵巢之單位重量卵粒數結果顯示，在不同部位間無顯著差異，但不同個體間有顯著差異 (表 3)；同時，由卵巢六個部位卵徑大小之頻度分佈圖顯示，每尾雌魚各部位之卵徑頻度分佈極為一致 (圖 8)。綜合以上結果得知，菊池氏細鯽卵巢內不同部位之單位重量卵粒數分佈相同，之後實驗中統一選取右側卵巢中段之卵粒，做為組織切片、孕卵數與卵徑之取樣部位。

五、 卵細胞發育期

菊池氏細鯽卵細胞發育之組織學形態變化，將卵細胞生長過程依序分為周仁期、表層囊泡前期、表層囊泡後期、初級卵黃球期、次級卵黃球期、第三級卵黃球期等六期。針對六期發育期作分述，特徵如下：

(一) 周仁期 (Pn)

研究中觀察到之外觀型態與材料方法中描述的相同(圖 9)。這時期的卵粒卵徑約為 0.03 - 0.14 mm。

(二) 表層囊泡前期 (CA1)

研究中觀察到，表層囊泡前期時，小囊泡分佈在卵細胞質的邊緣部位，環繞成一圈，之後隨著囊泡增加，呈現 2 - 3 列之同心圓排列，細胞核開始呈現嗜酸性，為伊紅所染色呈粉紅色，核仁數目明顯增加 (圖 10)。這時期觀察到的卵粒卵徑約為 0.12 - 0.28 mm。

(三) 表層囊泡後期 (CA2)

研究中觀察到，表層囊泡後期的囊泡的數量變得更多，佔細胞質一半以上，且逐漸趨近於卵的中心部位，隨著卵的成長，囊泡數目增加開始往細胞核擠壓，並聚集成較大的囊泡，直至充滿整個的細胞質 (圖 11)。這時期的卵粒卵徑約為 0.22 - 0.35 mm。

(四) 初級卵黃球期 (YF1)

研究中觀察到，初級卵黃球期僅略大表層囊泡後期一些，細胞質開始有嗜酸性的淡粉色卵黃球出現，散佈在囊泡間，也在核外緣聚集成環狀，佔據細胞質 1/3 以下，細胞核輪廓更佳褶曲 (圖 12)。這時期的卵粒卵徑約為 0.30 - 0.36 mm。

(五) 次級卵黃球期 (YF2)

研究中觀察到，次級卵黃球期時卵黃球與囊泡並存與卵中，卵黃球持續增加，佔據細胞質 2/3 以下，主要環繞在核的邊緣，且細胞核所佔的比例開始

變小，核仁開始往細胞核中心移動（圖 13）。這時期的卵粒卵徑約為 0.30 - 0.43 mm。

(六) 第三級卵黃球期 (YF3)

研究中觀察到，第三級卵黃球期時，卵黃球開始聚集成較大的桃紅色顆粒，呈強嗜酸性，佔據細胞質 2/3 以上。隨著卵黃球堆積直至幾乎佔據了整個細胞質，囊泡幾乎被完全取代，卵徑大幅度增加，核仁開始從細胞中心往外移動，但不明顯（圖 14）。這時期的卵粒卵徑約為 0.50 - 0.86 mm。

六、 雌魚成熟度月別變化

經由組織學觀察，在本研究樣本中發現雌魚全年的卵細胞發育最成熟階段為 YF3，而此期的卵細胞在本研究的全年樣本中均有發現，因此本研究以 YF3 期卵數所占全卵巢卵數比例之高 (51 - 100 %) 與低 (0 - 50 %) 作為卵巢個體成熟度之判定（圖 15）。研究結果顯示，高成熟個體在十一月份所佔比率最高為 (80 %)，十二月份最低 (7.14 %)。其中，除十二月份，其餘 11 個月高成熟個體所佔比率均大於 36 %。

七、 卵徑之月頻度分布

在每個月卵徑頻度分布中（圖 16），皆有兩群不同大小的卵粒群，卵徑分佈不均勻，呈雙峰型，第一群卵粒群卵徑多分布在 0 - 0.5 mm，眾數約在 0.1 - 0.3 mm，卵徑對應組織學為周仁期至次級卵黃球期；第二群卵粒群卵徑多分布在 0.5 - 1.0 mm，眾數約在 0.7 - 0.8 mm，對應組織學為最成熟階段的三級卵黃球期。在各月份中，兩群卵粒群之卵數相近，僅十二月以第一群卵粒群數目最多。

八、 孕卵數及產卵數

本研究以 72 對卵巢來估計孕卵數與產卵數，其所對應的之樣本全長為 54.83 - 101.17 mm，體重為 1.87 - 15.17 g，GSI 為 12.41 - 42.50，推估本魚種之總卵數為 2,727 - 24,035，孕卵數約在 1,595 - 15,130 粒之間，產卵數則在 781 - 11,664 粒之間。孕卵數 (F)、產卵數 (BF) 與體長 (BL) 之關係式如下：

$$TF = 0.0020 BL^{2.98} (r^2 = 0.58, p < 0.001, n = 72) \text{ (圖 18 A)}$$

$$F = 0.0052 BL^{3.22} (r^2 = 0.63, p < 0.001, n = 72) \text{ (圖 18 B)}$$

$$BF = 0.00046 BL^{3.68} (r^2 = 0.59, p < 0.001, n = 72) \text{ (圖 18 C)}$$

孕卵數 (F)、產卵數 (BF) 與體重 (BW) 之關係式如下：

$$TF = 1652 BW^{0.90} (r^2 = 0.62, p < 0.001, n = 72) \text{ (圖 19 A)}$$

$$F = 971.19 BW^{1.00} (r^2 = 0.72, p < 0.001, n = 72) \text{ (圖 19 B)}$$

$$BF = 426.83 BW^{1.91} (r^2 = 0.73, p < 0.001, n = 72) \text{ (圖 19 C)}$$

九、 卵巢外觀與發育

菊池氏細鯽生殖腺外觀為兩葉大小相似之長柱狀組成，左右成對在鰓兩側。雌雄魚在未發育前，其生殖腺顏色透明呈細絲狀，無法以外觀判定性別；進入發育期後其外觀有明顯差異，可從生殖腺外型判斷雌雄，雌魚卵巢膨大呈橘黃色，肉眼可見卵粒，雄魚精巢成乳白細長柱狀 (圖 1)。本研究依組織學觀測之卵母細胞組成、GSI 和卵巢發育期之外部形態，將生殖腺發育期可區分為未成熟期 (Immature stage)、成熟早期 (Early maturing stage)、成熟晚期 (Late maturing stage) 及完熟期 (Matured stage) 等四個階段 (圖 19)，各階段卵巢之外部特徵分述如下：

(一) 未成熟期

生殖腺分左右兩葉，呈透明細絲長條膠狀，位於鰾的兩側且緊貼在腹腔上方、靠近脊椎骨之處，其外圍有較厚脂肪包覆，生殖腺不明顯，也無法單以外觀判斷性別。

(二) 成熟早期

透明膠狀卵巢體積增大，約占腹腔 1/3 - 1/4，卵巢外圍 1/2 以上成膠狀，在膠狀物內可以肉眼觀察到細小的淺黃色卵粒，但不明顯，卵巢外圍還有些許脂肪包覆。GSI 約在 4.21 - 7.17 之間，平均為 5.97，YF3 之卵細胞約占全部卵數 1.92 - 25.71 %，平均為 43.56 %。

(三) 成熟晚期

透明膠狀卵巢體積增大，約占腹腔 1/2 - 1/3，卵巢 1/3 以上呈透明膠狀，在卵巢外圍還有些許脂肪包覆，肉眼可清楚看見顆顆分明的淡黃色或橘黃色圓形卵粒。GSI 約在 8.51 - 17.74 之間，平均為 13.58，YF3 之卵細胞約占全部卵數 9.25 - 90.9 %，平均為 14.41 %。

(四) 完熟期

卵巢飽滿膨大，幾乎占滿整個腹腔，卵巢外圍的膠狀薄層內充滿橘黃色卵粒，卵粒擠壓成多角形，卵巢兩葉靠近鰾的膠狀薄層外有血管附著，此時期輕壓腹部會有卵粒排出。GSI 約在 11.49 - 42.50 之間，平均為 24.43，YF3 之卵細胞約占全部卵數 21.42 - 94.28 %，平均為 54.59 %。

十、 溫度與雨量之影響

在 2011 年 1 月至 12 月之溫度與雨量月別變化圖中可以看到。溫度從一月份最低溫 16.4 °C 緩緩上升至八月最高 28.7 °C 後，九月份溫度開始下降至十二月 18.9 °C，其中 4 到 11 月均在 20 °C 以上。雨量最高為十一月份 517.5 mm，最低為一月份 18.1 °C，其中八至十二月份均在 120 mm 以上 (圖 20)。

將溫度與雨量與雌雄魚之 GSI 及 CF 以 Spearman correlation 進行相關係數分析後，結果顯示雌魚 GSI 與溫度 ($r = 0.659$ 、 $p = 0.020$ 、 $n = 12$) 有顯著正相關，但與雨量無顯著相關，雌雄魚 CF 和雄魚 GSI 亦和雨量與溫度無顯著相關 (表 5)。

肆、 討論

一、 卵母細胞發育

大多數魚類是週期性繁殖的，但不同種的魚類具有不同時間或週期，根據卵母細胞在卵巢中發育的情形，產卵的次數或批數，可以區分其產卵類型（施 1999）。而一年多次產卵的魚種中，通常具有所有發育階段的卵母細胞（Hunter *et al.* 1985）。在本研究中，自各樣本魚之組織切片中可以觀察到卵巢具有各種不同發育時期的卵母細胞：周仁期、表層囊泡前期、表層囊泡後期、初級卵黃球期、次級卵黃球期、第三級卵黃球期，且月別卵徑組成雙峰型連續性分佈（圖 16），顯示菊池氏細鯽每季可能會多批次產卵，推論其產卵類型為非同步發育型。具有類似產卵類型的還有南美擬沙丁魚（*Sardinops sagax*），具有連續性的卵徑頻度分佈，且在生殖季多次產卵（Clark 1934）。在台灣產特有淡水魚中，台灣鏟頰魚、台灣馬口魚和條紋二鬚鯢在生殖期的雌魚卵巢內含有不同時期的卵母細胞群，皆推論為多次產卵之非同時成熟型（顏等 1995；張等 1998；陳 2004）。

卵子的成熟和排卵，是魚類繁殖中的兩個關鍵，它的全過程或大部分過程都是在激素的作用下形成的。一般在正常條件下，是互相協調的；但有時因為內外條件不具備，而產生不協調（施 1999）。在本研究中，以組織切片觀察雌魚樣本的卵巢，發現最成熟之卵母細胞為第三級卵黃球期，而未發現 Smith and Walker (2004)、Özlem and Sema (2007)、Kathiravelu *et al.* (2003)、Tyler and Sumpter (1996) 等人所敘述的成熟期卵母細胞。在 Htun-Han (1978) 在大西洋黃蓋鰈（*Limanda ferruginea*）研究中，提出產卵可能是一個快速的過程，因此要捕捉具有成熟卵母細胞的樣本機會非常小，Hunter and Macewice (1985) 在北方鯢（*Engraulis mordax*）的報告中也發現類似現象，且推論核移動在產卵前 24 小時。雖然，在本研究中未發現菊池氏細鯽成熟期的卵，但是在處理樣本魚時，輕壓雌魚腹部已有卵粒排出，所以可能是該魚卵之發育在成熟期非常迅速且短暫，不易觀察到，

但這個推論仍有待後續研究作更進一步之證實。

二、 CF 與 GSI 變化

魚類 CF 會因生殖腺發育及環境變化而改變 (Herrera *et al.* 1988)，在某些魚種的 CF 會因生殖腺發育成熟而下降 (Htun-Han 1978)。因此，觀察每月 CF 的變化，可間接區分魚類的生殖季和非生殖季 (Blay and Eyeson 1982)，作為生殖週期判定之依據 (Shankar 2007)。例如，成熟的無鬚鱈 (*Merluccius hubbsi*) 與雀點刺蝶魚 (*Holacanthus passer*)，在非生殖季時 CF 較高、生殖季時 CF 較低 (Shankar 2007； Marcial and Bertha 2001)。相對地，台灣鏟頷魚，雌魚之 CF 與 GSI 有相同的月別變化，兩者數值在生殖季初期時皆隨著卵巢重量增加而升高，在生殖季中後期時則隨成熟卵的排出而下降(張等 1998)。

在本研究中，菊池氏細鯽雌魚之 CF 與 GSI 有相似的月別變化走勢 (圖 6、圖 7)；相對的，雄魚之 CF 與 GSI 因為數值變動不大，而沒有明顯的月別變化。Shankar (2007) 指出，CF 因生殖季節之生殖腺發育而變化，但也受攝食強度所影響；即，當 CF 值和 GSI 在生殖季初期呈現增加現象時，表示性腺成熟不會消耗軀體重，且生殖腺重量增加顯示雌魚在生產前後皆積極攝食。菊池氏細鯽可能是這種類型的魚種，同時可能再因為本研究之樣本取自人工養殖池，有充足食物來源，因而更加強了 CF 與 GSI 月別變化的幅度。

魚類的生殖腺大小或重量變化，是生殖腺發育過程中最重要的特徵之一 (殷 1998)。生殖腺重量變化與生殖週期有關 (Htun-Han 1978)。當生殖腺發育時 GSI 會隨之增加，因此計算 GSI 可以作為生殖腺發育的指標 (Htun-Han 1978； De Vlaming *et al.* 1982)。例如，在緋小鯛 (*Pagellus erythrinus*) 中，GSI 大於 3 時為卵黃球期，當 GSI 的超過 3.75，則非常接近產卵期 (Valdes *et al.* 2004)。但是，

在某些魚種中，GSI 不能用來檢測細微的差別，例如成熟期和囊泡期 (Ceballos-Vázquez and Elorduy-Garay 1998)。在單次產卵的魚種，可由 GSI 月別變化曲線分析產卵期的長短，但在多次產卵魚種，GSI 在成熟魚則較不準確，僅有組織切片可以準確的判斷，成熟階段的魚隻是在產卵期 (spawning stage) 還是產卵後期 (post spawning stage) (Rinchart and Kestemont 1996)。

在研究中，春季 (2 - 4 月)、夏季 (5 - 7 月) 和秋季 (8 - 10 月) GSI 值皆很高，僅 12 月最低，分析每月卵徑頻度分佈，卵徑範圍皆在 0.1 - 1.0 mm 間，皆具有成熟及發育中的卵粒存在，再經由組織學觀察成熟度月別變化，1 - 11 月份樣本魚皆具有高比例之第三級卵黃球期卵母細胞，僅 12 月時第三級卵母細胞所佔樣本魚卵巢比例最低 (圖 15)。由上述的結果，可推測菊池氏細鯽全年皆可產卵，其主要生殖期為一月至十一月。

在 Dong *et al.* (2000) 中華細鯽研究中，以 GSI 與卵巢發育情形將各月變化分成五個階段，一至二月是靜止期 (quiescent phase)、三至五月是二次成長期 (secondary growing and mature phase)、六至七月是成熟產卵期 (ripe and spawning phase)、八至九月是退化和休止期 (degenerating and resting phase)、十至十二月是主要成長期 (primary growing phase)。中華細鯽主要生殖季為六至七月，與菊池氏細鯽全年皆可產卵，且主要生殖季為一至十一月有差異，可能是因為 Dong *et al.* (2000) 研究是在韓國採集中華細鯽樣本，溫度較低所影響。

三、 總卵數、孕卵數、產卵數與卵徑

孕卵數與卵徑大小是評估魚類生殖潛能之重要因素，產卵數可估算下一代之數量 (陳等 2011)。硬骨魚類有不同的生殖能力，直接將卵排至水中者，通常卵數量都很可觀，以彌補親代的照顧不全 (郭等 1989)。本研究推估本魚種之總

卵數為 2,727 - 24,035，孕卵數約在 1,595 - 15,130 粒之間，產卵數則在 781 - 11,664 粒之間。種內遺傳變化、年齡、身體大小、環境條件和營養會影響各物種所孕育的卵數量 (Tyler and Sumpter, 1996)。研究結果發現，菊池氏細鯽之總卵數、孕卵數及產卵數與體長、體重的關係，有隨著體長、體重增加的現象 (圖 17、圖 18)。而樣本來源為飼養方式有可能會影響到孕卵數，是否與野外之菊池氏細鯽所含之孕卵數、產卵數及總卵數有差異，後續須進行野外採集才能得知。

魚卵的大小對仔魚早期發育和存活具有重要的生態學意義 (殷 1998)。在菊池氏細鯽卵粒之卵徑測量中，以福馬林浸泡固定後所測得之最大卵徑為 1.00 mm，和賴等 (2010) 在研究中所觀察到菊池氏細鯽產出之卵粒卵徑平均約為 1.16 mm 非常相近。殷 (1998) 指出，黏性卵含水量都保持在 60% - 70%，在卵巢內最後成熟階段沒有大量吸收水分的過程。菊池氏細鯽的卵粒為黏性卵賴等 (2010)。結果中所得之卵徑大小和賴等 (2010) 研究差異不大，可能是產出後吸水膨脹並不明顯，亦有可能是福馬林固定縮水所影響。

四、 溫度與降雨量之環境影響

魚類之產卵週期在年間差異不大，且生殖季節與環境及季節同步改變。溫度是調控魚類生殖週期的主要環境因子之一 (Francisco *et al.* 2005)。在本研究中，菊池氏細鯽雌魚在溫度較高的月份 GSI 較高，利用 Spearman 進行相關係數分析後，結果顯示雌魚 GSI 與溫度 ($r = 0.659$ 、 $p = 0.020$ 、 $n = 12$) 有顯著正相關 (表 1)，顯示溫度皆是影響菊池氏細鯽生殖腺發育的重要環境因子。Pawson *et al.* (2000) 在研究中發現到，延緩卵母細胞發育原因除了魚隻個體狀況及營養條件外，過於高溫或低溫的環境也會阻礙海鱸 (sea bass) 卵母細胞發育與成熟。

環境因子的適當刺激，會使魚體內分泌系統進行活化與調節，使生殖腺內

的卵母細胞成熟 (Chen *et al.* 2003)。在台灣淡水魚類中，條紋二鬚鮃和台灣鏟頰魚卻受雨量影響，當洪水期與枯水期來臨時會增加仔魚的死亡率，借著多次產卵的方式減少族群新生 (recruitment) 失敗的機會。

然而，本研究之分析結果指出，菊池氏細鯽雌魚 GSI 與雨量與無顯著相關，這可能由於本研究期間僅為一年，樣本數太少而不足以反映實際狀況，因此未來需蒐集更多年的資料，以進一步確認環境因子與菊池氏細鯽 GSI 之相關性。

Winemiller and Rose (1992) 歸納北美 57 科 216 種的淡水與海水魚類的生活史之後，將這些魚類的生活史策略分為三類：機會型策略 (opportunistic strategy) 個體通常體型較小、成熟早、孕卵數少、幼魚存活率低、棲息地有劇烈變動或干擾。平衡型策略 (equilibrium strategy) 通常是中小型魚類、孕卵數少、成熟晚、幼魚存活率高與親體護幼有關、環境相當穩定。週期型策略 (periodic strategy) 個體體型通常較大、孕卵數多、成熟晚、幼魚存活率低、環境變化具有週期性。

淡水魚類生活史策略與地理分布及區域氣候有關 (Mims *et al.* 2010)。顏等 (1995) 在研究中提出，台灣馬口魚屬於機會型策略，因為台灣許多溪流都有明顯的豐水期與枯水期，颱風挾帶大量的雨水使得溪水暴漲，也增加了環境的不可預測性。因此台灣大部分的溪流魚類的特性應該是成熟較早，多次產卵以增加子代存活的机会。

在研究中，已釐清菊池氏細鯽之生殖季、卵母細胞與卵巢外觀發育情形、及其產卵類型，但對於分佈現況、族群大小、棲地利用、環境因子之棲地物理、化學及生物因子、成熟年齡、仔稚魚數量、攝食行為與食性等都尚未明瞭，皆有待日後，後繼者詳細研究與探討，以完整建立菊池氏細鯽之基礎資料，並進一步作為保育與管理考量的資料。

參考文獻

- 方力行、陳義雄。2002。台灣淡水魚的來龍去脈。科學發展月刊 352: 36-39。
- 方力行、邵廣昭、陳義雄、劉銘欽、韓僑權。2008。台灣淡水魚的來龍去脈特展專刊。國立海洋生物博物館，屏東縣。
- 沈士傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學動物學系，台北市。
- 吳繼倫。2005。太平洋黑鮪之成熟與孕卵數。水試專訊 11: 7-9。
- 林曜松。1990。淡水魚資源的保育與利用。自然雜誌 14 (7): 4-13。
- 林弘都、蔡昆展、林宗鍵、王建平、蔣鎮宇。2005。台灣鏟頷魚的親緣地理及保育遺傳學。自然保育季刊 50: 66-72。
- 胡舜智、余廷基。1976。有關鰻魚的成熟生殖。台灣省水產試驗所試驗報 26: 97-103。
- 施瓊芳。1999。第八章、生殖。在：魚類生理學 (施瓊芳主編)，頁 303-354。基隆市：水產出版社。
- 殷名稱。1998。第五章、繁殖。在：魚類生態學 (殷名稱主編)，頁 192-276。基隆市：水產出版社。
- 陳義雄、方力行。1999。台灣淡水及河口魚類誌。國立海洋生物博物館籌備處，屏東縣。
- 陳義雄、方力行。2000。消失的精靈：台灣珍貴及稀有動物保育專輯。行政院農委會，台北市。
- 陳義雄、方力行。2002。台灣的淡水魚類。科學發展月刊 352: 32-35。
- 陳義雄、張詠青。2005。台灣淡水魚類原色圖鑑 第一卷 鯉形目。水產出版社，基隆市。
- 陳威克、莊世昌、吳全橙、吳繼倫。2011。漁撈行為對台灣東北部海域刺鯧生殖特徵之影響。水試專訊 36: 1-5。
- 陳秀溶。2004。草屯烏河流域獅象山農場條紋二鬚鮠之生殖生物學研究。國立中

- 興大學生命科學院碩士論文，台中市。
- 郭光雄、野洋一郎、陳秀男。1989。魚類病理組織學。淑馨出版社，台北市。
- 許嘉恩。1991。桶后溪石鱸之生殖生物學研究。國立臺灣大學動物學研究所碩士學位論文，台北市。
- 張士晃、李培芬、林曜松。1998。福山試驗林哈盆溪臺灣鏟頰魚 (*Varicorhinus Barbatulus*) 之生殖生物學。台灣省立博物館年刊 41: 53-69。
- 曾晴賢。1986。台灣淡水魚類。台灣省政府教育廳，台北。
- 曾晴賢、陳義雄、邵廣昭。2008。淡水魚類資源評估及保育類名錄建立機制之研究。行政院農業委員會林務局委託研究系列 (編號: 96-00-8-05 號)。台北市。
- 廖德裕、林弘都、陶天麟、曾晴賢。2005。保育名錄之外的台灣珍稀魚類。自然保育季刊 50: 52-58。
- 蔡文川。2006。後山桃花源之粼粼波光。行政院農業委員會林務局台東林區管理處，台東縣。
- 劉富光、黃家富。2010。台灣淡水養殖及原生魚介類圖說。行政院農業委員會水產試驗所，基隆市。
- 鄭文騰、鄭熾信、何秉岳、張欽泉。2009。花蓮縣河川生態：魚蝦蟹類專輯。花蓮縣政府，花蓮縣。
- 賴弘智、林翰揚、熊文俊、施志昀。2010。菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919) 人工繁養殖及幼苗發育。台灣生物多樣性研究 12 (3): 251-259。
- 顏俊雄、呂光洋、陳永樹、鄭振寬。1995。哈盆溪臺灣馬口魚 (*Zacco barbata*) 之生殖生態。師大生物學報 20 (2): 69-81。
- Bagenal, T. B. 1973. The ecological and geographical aspects of the fecundity of the histological techniques. Churchill Livingstone, New York.
- Blay, J. and K. N. Eyson. 1982. Observations on the reproductive biology of the shad, *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich), in the coastal waters of Cape Coast, Ghana. Journal of Fish Biology 21: 485-496.

- Ceballos-Vázquez, B. P. and J. Elorduy-Garay. 1998. Gonadal development and spawning of the Golden-eyed tilefish *Caulolatilus affinis* (Pisces: Branchiostegidae) in the Gulf of California, México. *Bulletin of Marine Science* 63: 469-479.
- Chen, Y. N., S. L. Hsieh and C. M. Kuo. 2003. Changes in oocyte and blood plasma osmotic components of ayu, *Plecoglossus altivelis* (Temminck & Schlegel) during oocyte maturation. *Aquaculture Research* 34: 59-867.
- Clark, F. N. 1934. Maturity of the California sardine (*Sardina caerulea*), determined by ova diameter measurements. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, No. 42.
- Dane, M. N., P. L. Jones. and B. A. Ingram. 2007. Temporal dynamics of oocyte development, plasma sex steroids and somatic energy reserves during seasonal ovarian maturation in captive Murray cod *Maccullochella peelii peelii*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 148: 876-887.
- De, V., G. Grossman. and F. Chapman. 1982. On the use of the gonosomatic index. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73: 31-39.
- Dong, H. Y., S. K. Lee. and S. S. Choi. 2000. Reproductive cycle of the venus fish. *Aphyocypris chinensis*. *Korean Journal of Limnology* 33 (4): 395-404.
- Elton, C. O. and L. F. Favaro. 2011. Reproductive biology of the flatfish *Etropus crossotus* (Pleuronectiformes:Paralichthyidae) in the Paranaguá Estuarine Complex, Paraná State, subtropical region of Brazil. *Neotropical Ichthyology* 4: 795-805.
- Francisco, M., M. A. Bistoni and C. Miriam. 2005. Spawning season, ovarian development and fecundity of female *Trichomycterus corduvense* (Osteichthyes, Siluriformes). *Hydrobiologia* 534: 223-230.

- Herrera, M., J. A. Hernando, C. Fernandez-Delgado and M. Bellido. 1988. Age growth and reproduction of the barbel, *barbus sclateri* (Gunther,1868), in a first-order stream in southern Spain. *Journal of Fish Biology* 33: 371-381.
- Htun-Han, M. 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda ferruginea* in the North Sea: Seasonal changes in the ovary. *Journal of Fish Biology* 13: 351-359.
- Hu, M., Y. Wang, S. G. Cheung, P. K. S. Shin and Y. Xie. 2009. Threatened fishes of the world: *Aphyocypris lini* Weitzman and Chan, 1966 (Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes* 86: 525-526.
- Hunter, J. R., N. C. H. Lo and R. J. H. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. pp. 66-77. *In: R. Lasker (ed.). An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy (Engraulis mordax)*. National Marine Fisheries Service Scientific Publications Office. Commerce US, Washington DC.
- Hunter, J. R. and B. J. Macewice. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. pp. 79-94. *In: R. Lasker (ed.). An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy (Engraulis mordax)*. National Marine Fisheries Service Scientific Publications Office. Commerce US, Washington DC.
- Kathiravelu, P. S., P. Brown, D. Stoessel and A. Giles. 2003. Maturation and reproductive biology of female wild carp, *Cyprinus carpio*, in Victoria, Australia. *Environmental Biology of Fishes* 68: 321-332.
- Lee, C. F., K. M. Liu, W. C. Su and C. C. Wu. 2005. Reproductive biology of the common ponyfish *Leiognathus equulus* in the south-western waters off Taiwan. *Fisheries Science* 71: 551-562.
- Liao, T. Y., S. O. Kullander and H. D. Lin. 2011. Synonymization of *Pararasbora*,

- Yaoshanicus*, and *Nicholsicypris* with *Aphyocypris*, and Description of a New Species of *Aphyocypris* from Taiwan (Teleostei: Cyprinidae). *Zoological Studies* 50 (5): 657-664.
- Lin, H. D., K. C. Hsu, K. T. Shao, Y. C. Chang, J. P. Wang, C. J. Lin and T. Y. Chiang. 2008. Population structure and phylogeography of *Aphyocypris kikuchii* (Oshima) based on mitochondrial DNA variation. *Journal of Fish Biology* 72: 2011-2025.
- Marcial., A. M. and P. C. V. Bertha. 2001. Reproductive activity and condition index of *Holacanthus passer* (Teleostei: Pomacanthidae) in the Gulf of California. *Revista de Biología Tropical* 49 (3): 939-943.
- Mims, M.C., J. D. Olden., ZR Shattuck and N. L. Poff. 2010. Life history trait diversity of native freshwater fishes in North America. *Ecology of Freshwater Fish* 19: 390-400.
- Ohara, K. and M. Takagi. 2007. Survey of genetic variation at three microsatellite loci in captive populations of endangered Japanese minnow *Aphyocypris chinensis* with implications for reduction of inbreeding. *Fisheries Science* 73: 156-160.
- Özlem, Ç. and İ. Ü. Sema. 2007. Oocyte Development in the Zebrafish, *Danio rerio* (Teleostei: Cyprinidae). *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 24: 137-141.
- Pawson, M. G., G. D. Pickett and P. R. Witthames. 2000. The influence of temperature on the onset of first maturity in sea bass. *Journal of Fish Biology* 56: 319-327.
- Rinchar, J. and P. Kestemont. 1996. Comparative study of reproductive biology in single- and multiple-spawner cyprinid fish. I. Morphological and histological features. *Journal of Fish Biology* 49: 883-894.
- Shafiei S. S., I. M. Reza, A. F. Bagher. and G. Saeed. 2010. Histological study of

- ovarian development and sexual maturity of Kutum (*Rutilus frisii kutum* Kamenskii, 1901). World Applied Sciences Journal 8 (11): 1343-1350.
- Shankar, D. S., S. Sudarashan and R.S. Kulkarni. 2007. Role of cortisol on condition factor in the female freshwater fish, *Notopterus notopterus* during four reproductive phases. Journal of Environmental Biology 28 (2): 275-278.
- Smith, B. B. and K. F. Walker. 2004. Spawning dynamics of common carp in the River Murray, South Australia, shown by macroscopic and histological staging of gonads. Journal of Fish Biology 64: 336-354.
- Tyler, C. R. and J. P. Sumpter. 1996. Oocyte growth and development in teleosts. Reviews in Fish Biology and Fisheries 6: 287-318.
- Valdes, P., A. G. Alcazar., I. Abdel and M. Arizcun. 2004. Seasonal changes on gonadosomatic index and maturation stages in common *pandora Pagellus erythrinus* (L.). Aquaculture International 12: 333-343.
- Wallace, R. A. and K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. American Zoologist 21: 325-43.
- Wang, J. T., M. C. Liu and L. S. Fang. 1995. The reproductive biology of an endemic cyprinid, *Zacco pachycephaks*, in Taiwan. Environmental Biology of Fishes 43: 135-143.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 41: 199-222.
- Winemiller, K. O. and K. A. Rose. 1992. Patterns of life history diversification in North American fishes: implications for population regulation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49: 2196-2218.

表 1. 菊池氏細鯽樣本的採集日期、樣本數及樣本體長與體重範圍。

Date of Sampling	Female			Male		
	Sample size	Range of TL (mm)	Range of BW (g)	Sample size	Range of TL (mm)	Range of BW (g)
Jan 21, 2011	51	57.36 - 95.97	2.98 - 14.97	9	64.24 - 77.85	3.44 - 6.04
Feb 24, 2011	22	60.20 - 86.08	2.94 - 2.94	19	57.80 - 73.18	2.21 - 4.21
Mar 24, 2011	20	48.30 - 87.08	0.95 - 8.80	17	47.98 - 70.87	0.91 - 4.52
Apr 28, 2011	37	55.51 - 92.04	2.40 - 10.64	23	52.48 - 75.14	1.76 - 4.45
May 26, 2011	46	65.39 - 96.51	4.20 - 15.17	14	67.86 - 96.84	3.35 - 7.41
Jun 24, 2011	40	55.71 - 96.07	1.20 - 13.04	20	60.62 - 82.07	2.22 - 6.04
Jul 26, 2011	31	69.56 - 96.02	4.35 - 14.30	29	61.73 - 86.67	3.47 - 10.80
Aug 27, 2011	27	67.56 - 93.17	3.94 - 13.19	33	64.70 - 84.79	3.02 - 9.28
Sep 29, 2011	12	54.64 - 84.88	2.20 - 9.61	48	65.65 - 79.48	3.22 - 6.30
Oct 27, 2011	14	65.10 - 91.13	3.59 - 10.46	46	65.54 - 82.03	3.08 - 6.51
Nov 29, 2011	17	65.83 - 101.20	3.76 - 14.84	43	67.67 - 81.99	3.47 - 6.12
Dec 29, 2011	15	63.95 - 92.35	2.97 - 9.74	40	61.58 - 85.43	2.55 - 8.02
Total	332	48.30 - 101.20	0.95 - 15.17	341	47.98 - 96.84	0.91 - 10.80

表 2. 菊池氏細鯽卵巢六個部位之卵數統計表。

No	全長 (mm)	體重 (g)	性腺重 (g)	GSI (%)	不同部位之單位重量卵粒數(ind./g)					
					左前	左中	左後	右前	右中	右後
1	85.06	7.58	1.08	17.25	3380	3380	3340	3360	3240	3380
2	81.61	6.97	1.04	19.13	3740	3640	3780	3740	4180	4080
3	73.29	5.17	1.13	31.26	3620	3560	3600	3740	3620	3740
4	82.32	7.20	1.74	35.66	5620	5820	5440	5060	4780	5480
5	91.78	11.59	3.00	37.86	5320	6580	5660	5520	5540	5700
6	83.32	7.20	1.74	35.66	5620	5820	5440	5060	4780	5480

表 3. 菊池氏細鯽個體與卵巢六個部位卵粒數之雙向變異數分析表。

Source of variance	DF	SS	MS	F	P-value
Individual	5	32657422	6531484	84.0685	<0.001 ***
Position	5	763822	152764	1.9663	0.11
Error	25	1942311	77692		

表 4. 卵巢發育階段之外部形態、GSI 及組織學形態。

卵巢階段	卵巢外部形態	GSI	組織學形態
(1)未成熟期	呈透明細絲長條膠狀，生殖腺不明顯，無法單以外觀判斷性別。		
(2)成熟早期	透明膠狀卵巢內可以肉眼觀察到細小的淺黃色卵粒，但不明顯。	4.21 - 7.17	YF3 約占全部卵數 1.92 - 25.71 %。
(3)成熟晚期	透明膠狀卵巢體積增大，肉眼可清楚看見顆顆分明的淡黃色或橘黃色圓形卵粒。	8.51 - 17.74	YF3 約占全部卵數 9.25 - 90.9 %。
(4)完熟期	卵巢飽滿膨大，幾乎占滿整個腹腔，此時期輕壓腹部會有卵粒排出。	11.49 - 42.50	YF3 約占全部卵數 21.42 - 94.2 %。

表 5. 日照時數、溫度與雨量。

		雨量 (mm)	溫度 (°C)
雌魚GSI	r	0.280	0.659*
	<i>p</i>	0.378	0.020
	(n)	(12)	(12)
雌魚CF	r	0.122	0.450
	<i>p</i>	0.705	0.142
	(n)	(12)	(12)
雄魚GSI	r	0.425	0.408
	<i>p</i>	0.168	0.187
	(n)	(12)	(12)
雄魚CF	r	0.109	0.317
	<i>p</i>	0.736	0.315
	(n)	(12)	(12)



圖 1. 菊池氏細鯽 (A) 雌魚與 (B) 雄魚性腺外觀。圖下黑線之間格，單位為 1mm。

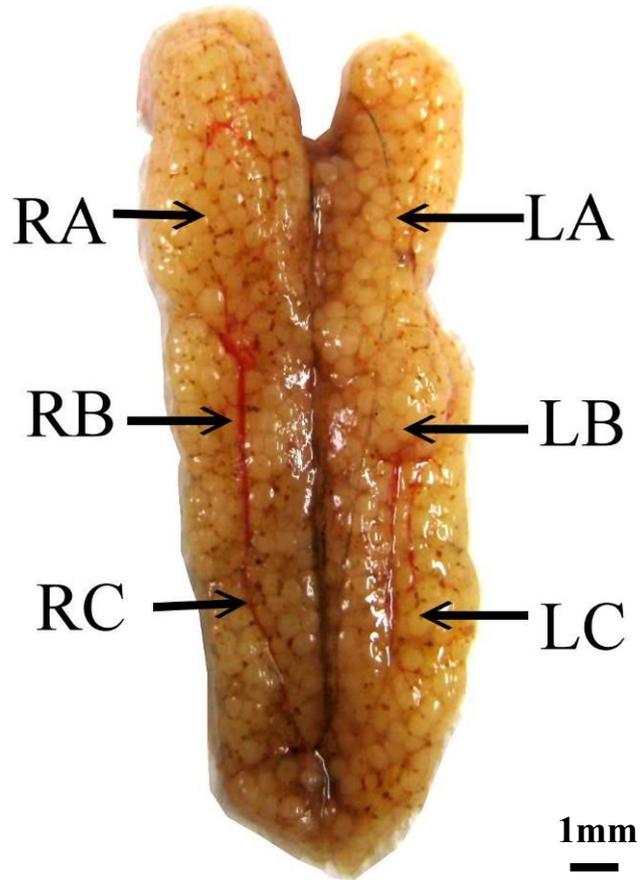


圖 2. 菊池氏細鯽卵巢六個部位卵粒檢定示意圖。

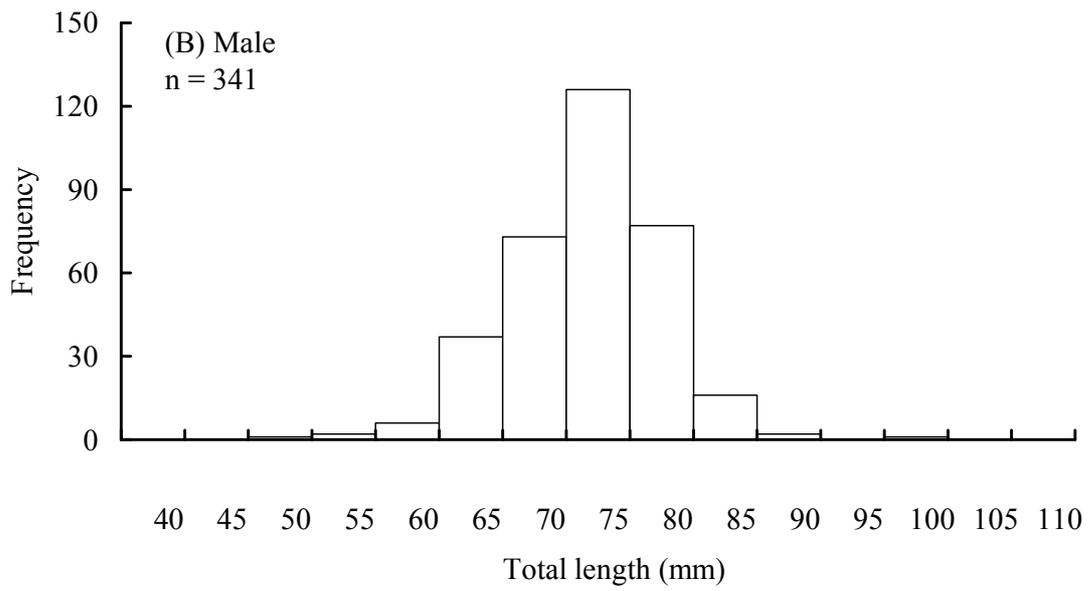
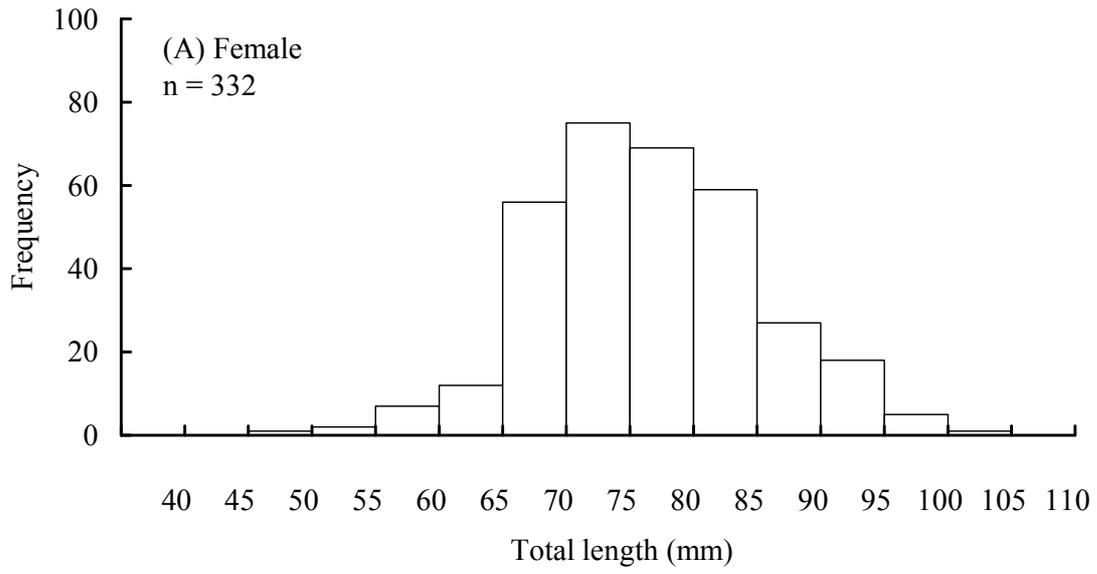


圖 3. 菊池氏細鯽 (A) 雌魚與 (B) 雄魚之全長頻度分佈。

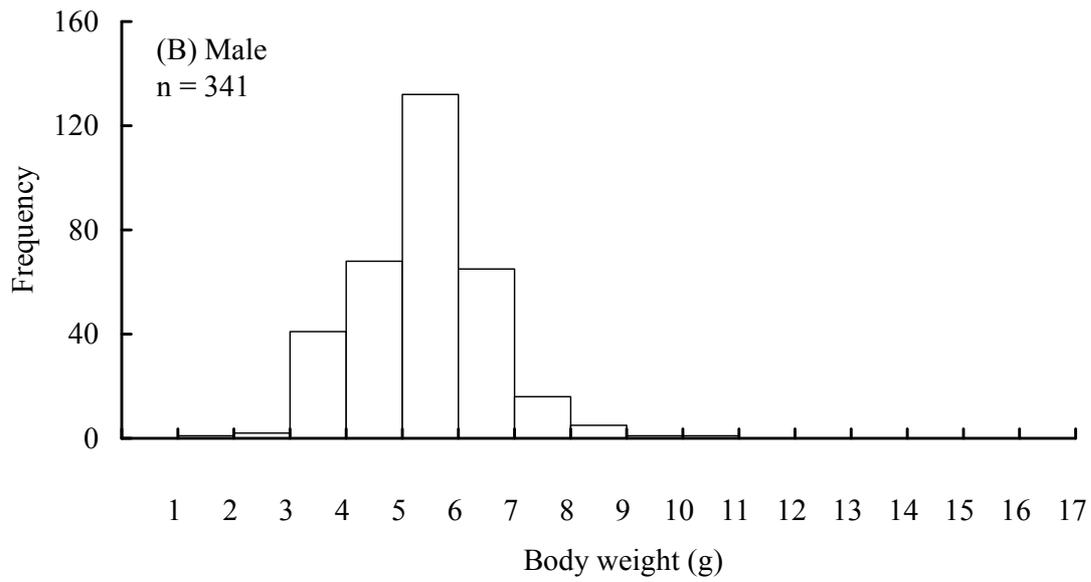
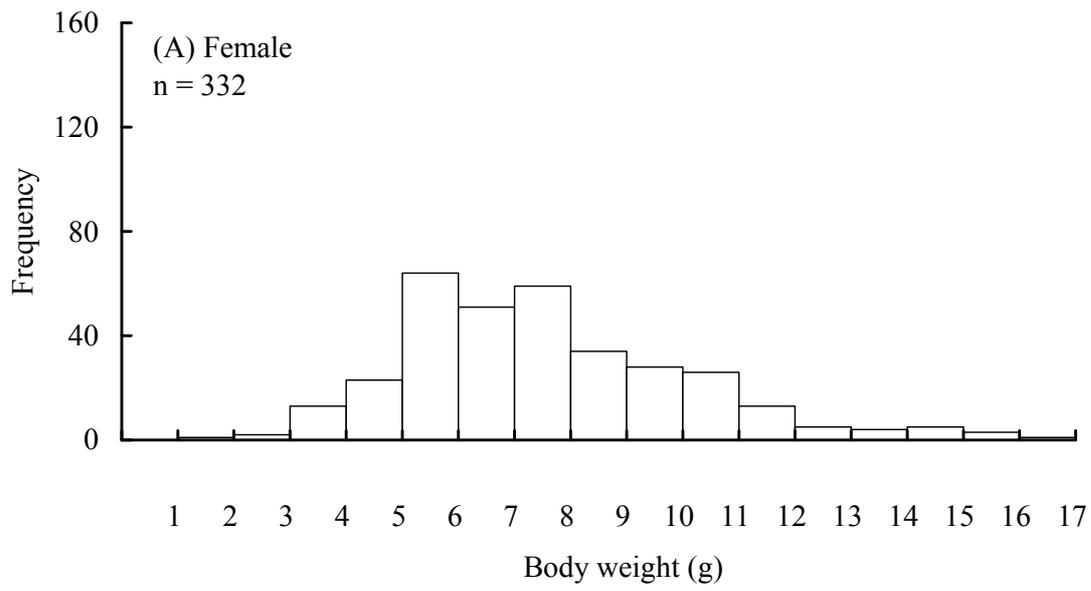


圖 4. 菊池氏細鯽 (A) 雌魚與 (B) 雄魚之體重頻度分佈。

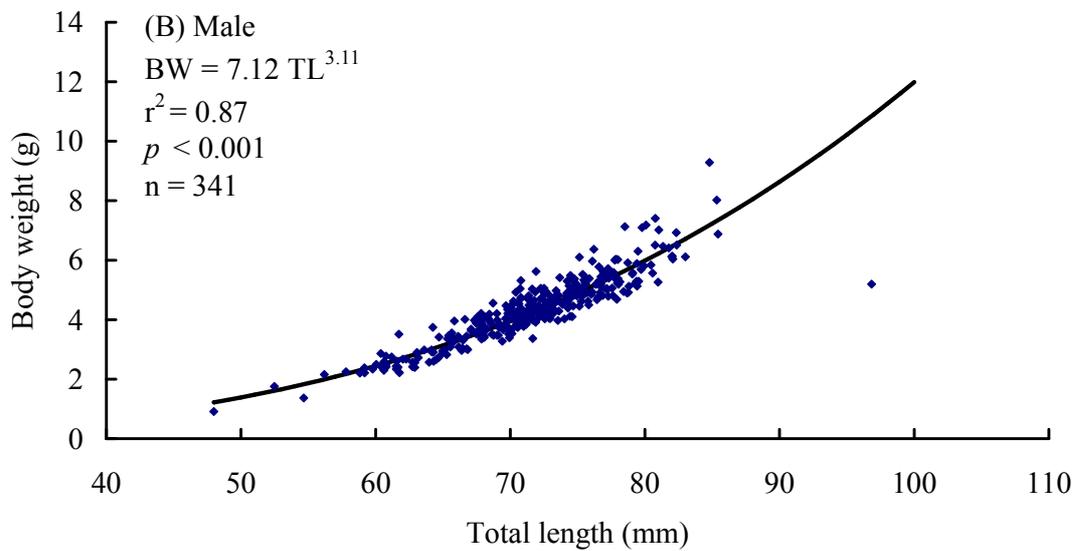
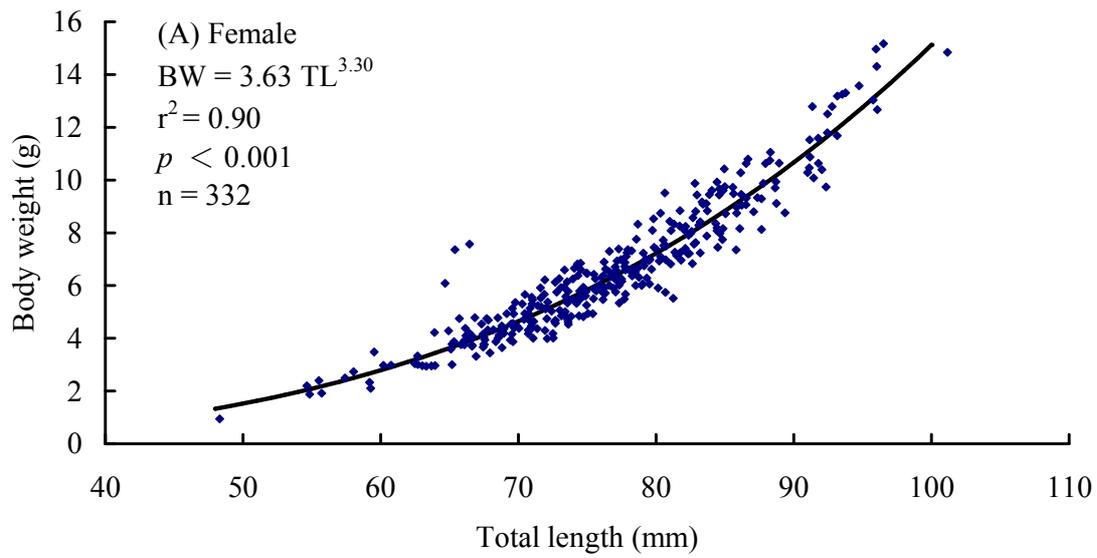


圖 5. 菊池氏細鯽 (A) 雌魚與 (B) 雄魚之全長 (TL) 與體重 (BW) 迴歸關係。

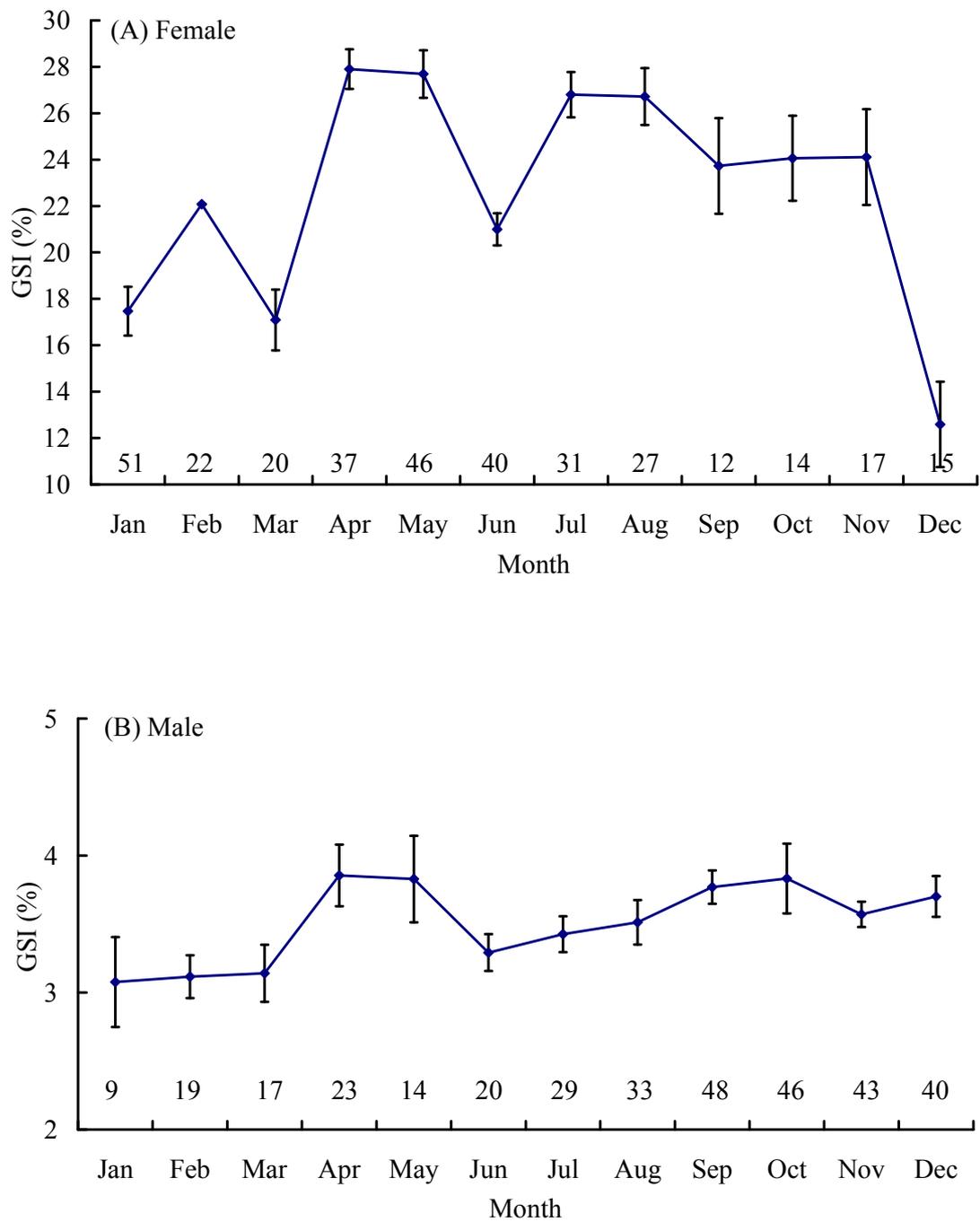


圖 6. 菊池氏細鯽 (A) 雌魚與 (B) 雄魚之生殖腺指數 (GSI) 月別變化。誤差線為標準誤，x 軸上值為樣本數。

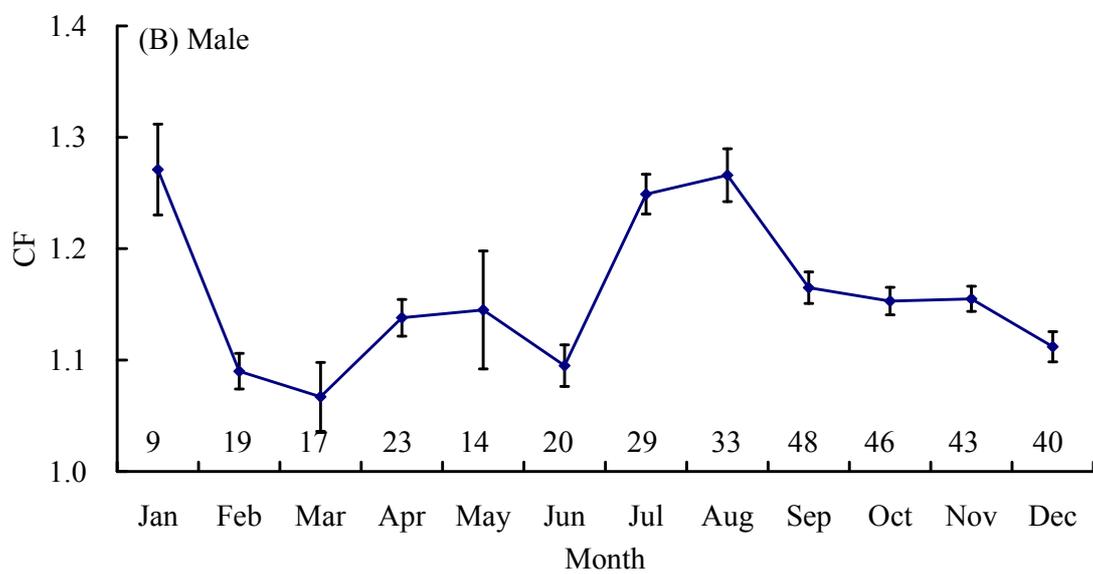
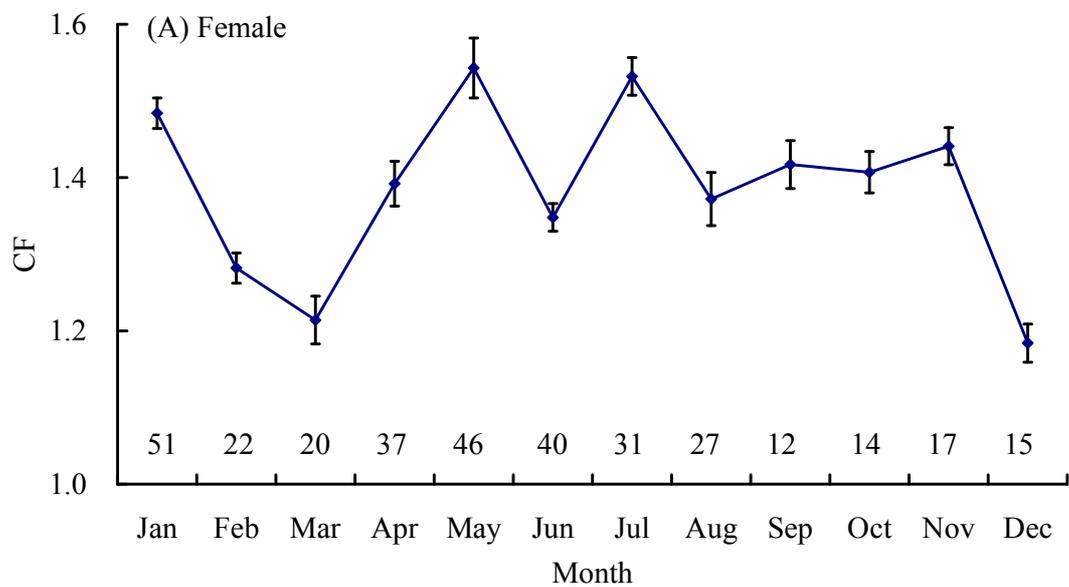


圖 7. 菊池氏細鯽 (A) 雌魚與 (B) 雄魚之肥滿度 (CF) 月別變化。誤差線為標準誤，x 軸上值為樣本數。

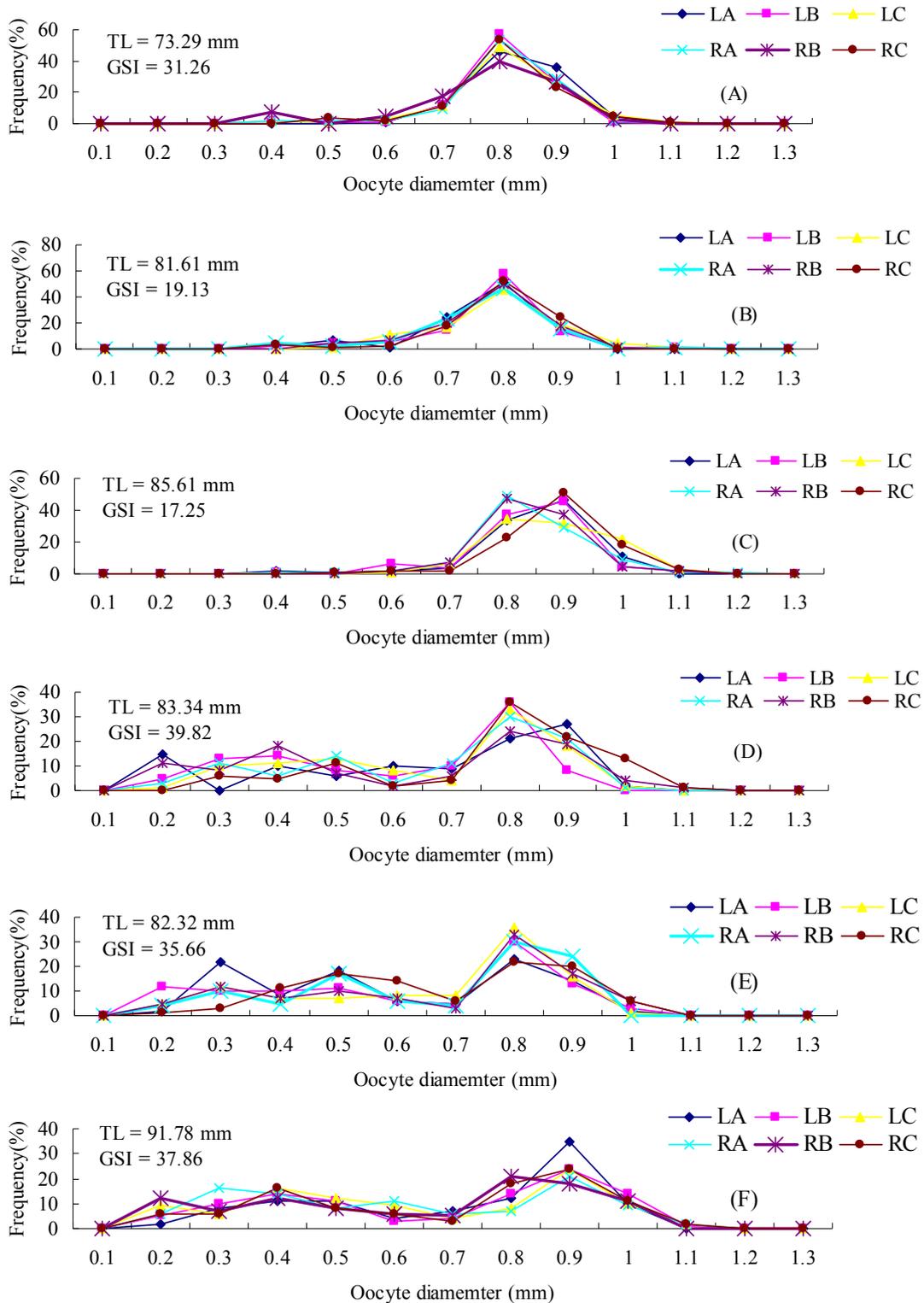


圖 8. 六尾雌魚 (A-F) 六個部位 (LA、LB、LC、RA、RB、RC) 之卵徑頻度分佈。

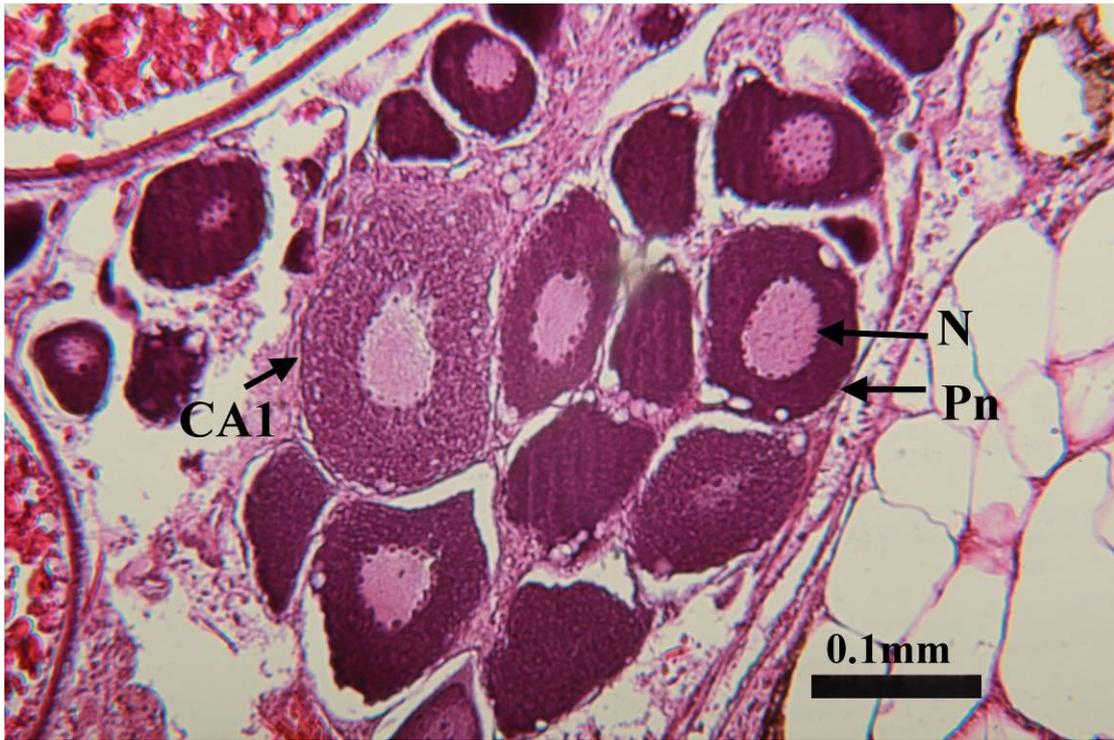


圖 9. 周仁期 (peri-nucleolar stage, Pn)。N 為細胞核 (nucleus)、CA1 為表層囊泡前期 (early cortical alveoli stage, CA1)。

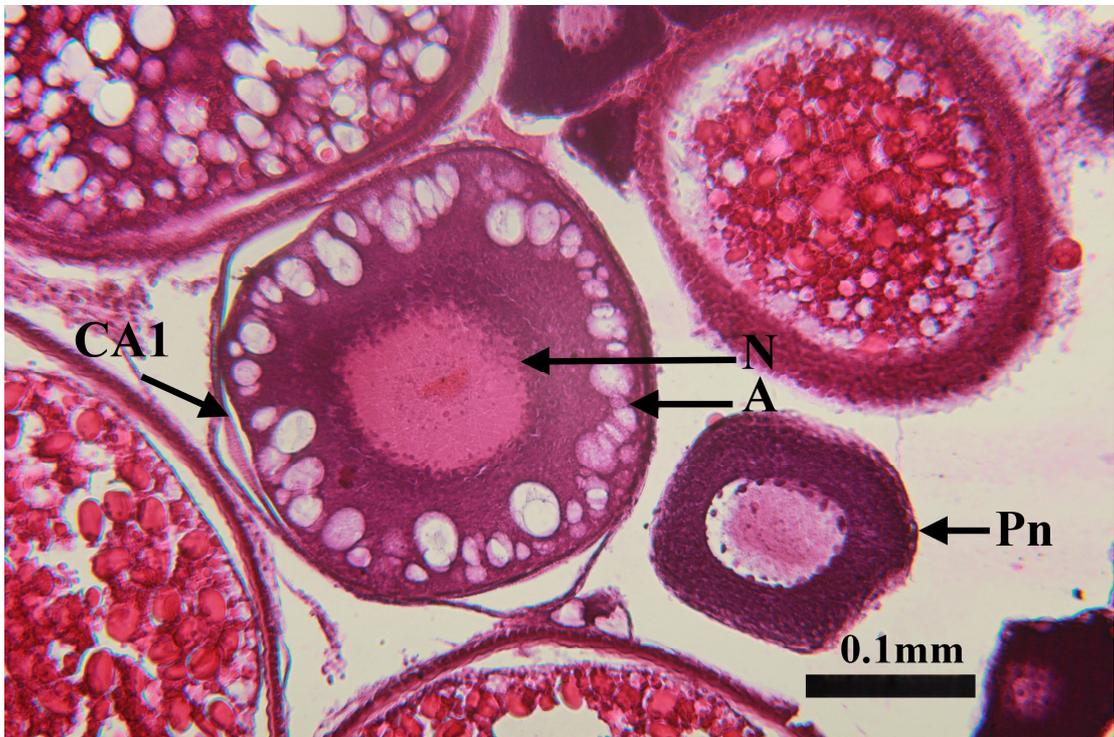


圖 10. 表層囊泡前期 (early cortical alveoli stage, CA1)。N 為細胞核 (nucleus)、A 為囊泡 (cortical alveoli)、Pn 為周仁期 (peri-nucleolar stage, Pn)。



圖 11. 表層囊泡後期 (late cortical alveoli stage, CA2)。N 為細胞核 (nucleus)、A 為囊泡 (cortical alveoli)。



圖 12. 初級卵黃球期 (primary yolk stage, YF1)。N 為細胞核 (nucleus)、A 為囊泡 (cortical alveoli)、Y 為卵黃球顆粒 (yolk globules)。

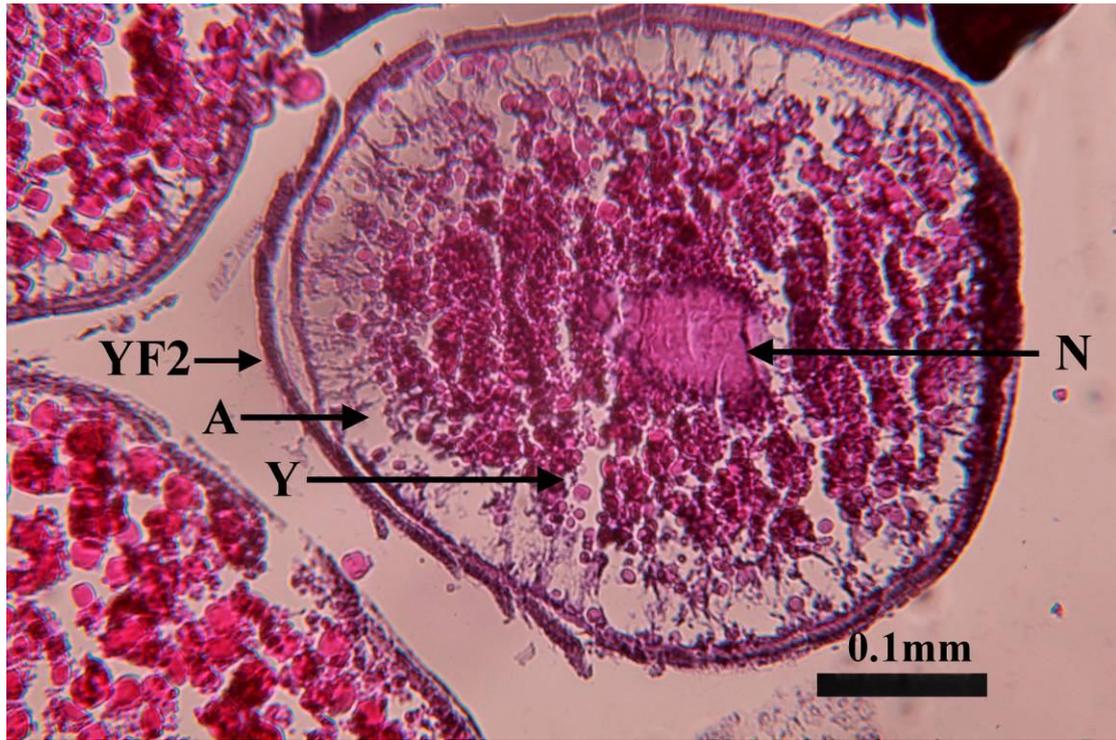


圖 13. 次級卵黃球期 (secondary yolk stage, YF2)。N 為細胞核 (nucleus)、A 為囊泡、Y 為卵黃球顆粒 (yolk globules)。

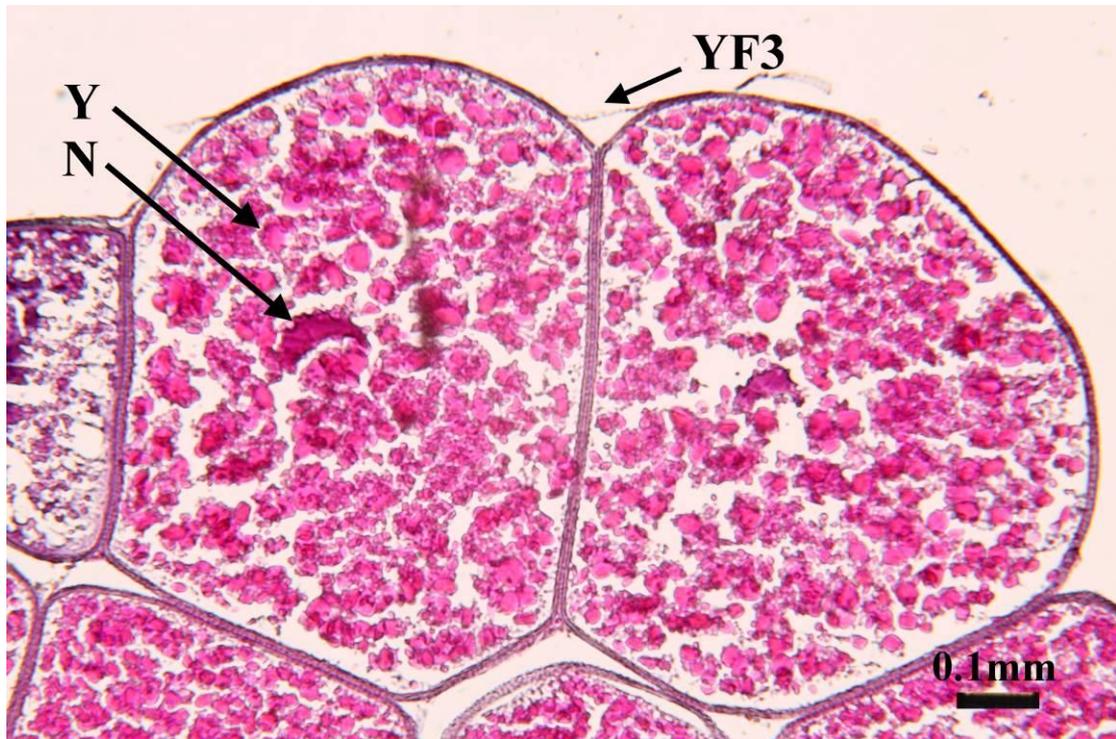


圖 14. 第三級卵黃球期 (tertiary yolk stage, YF3)。N 為細胞核 (nucleus)、Y 為卵黃球顆粒 (yolk globules)。

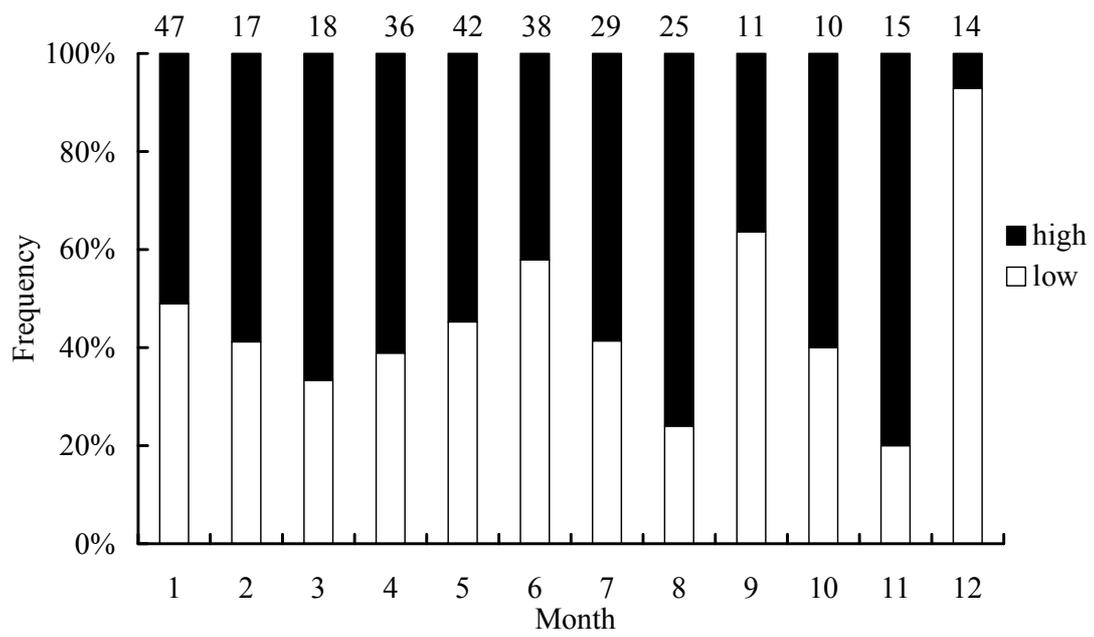


圖 15. 雌魚成熟度月別變化。YF3 期卵數所占全卵巢卵數比例之高成熟個體 (51 - 100%) 與低成熟個體 (0 - 50%) 在各月份間所佔之百分比。

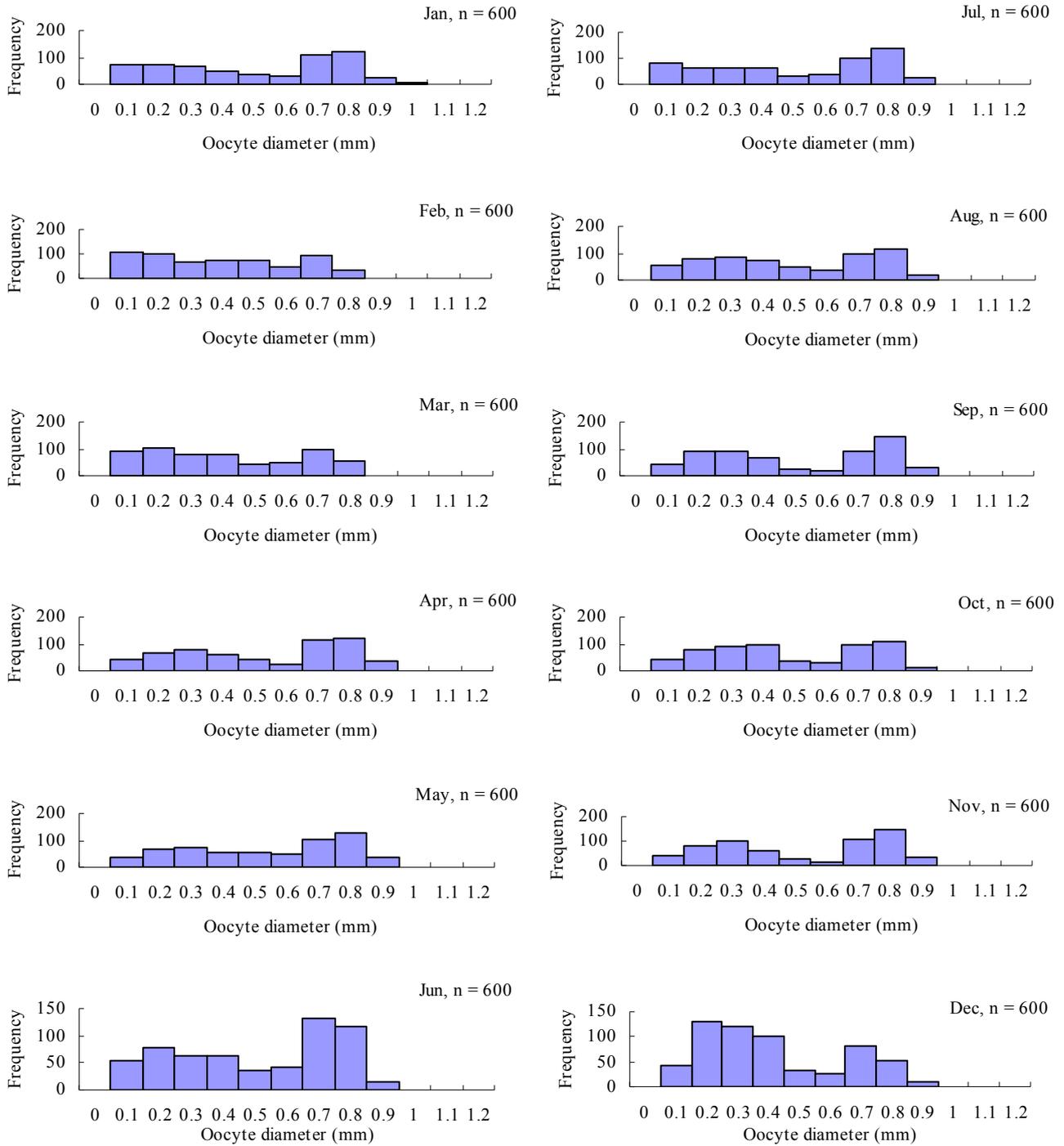


圖 16. 卵徑月別最成熟個體卵徑頻度分佈。

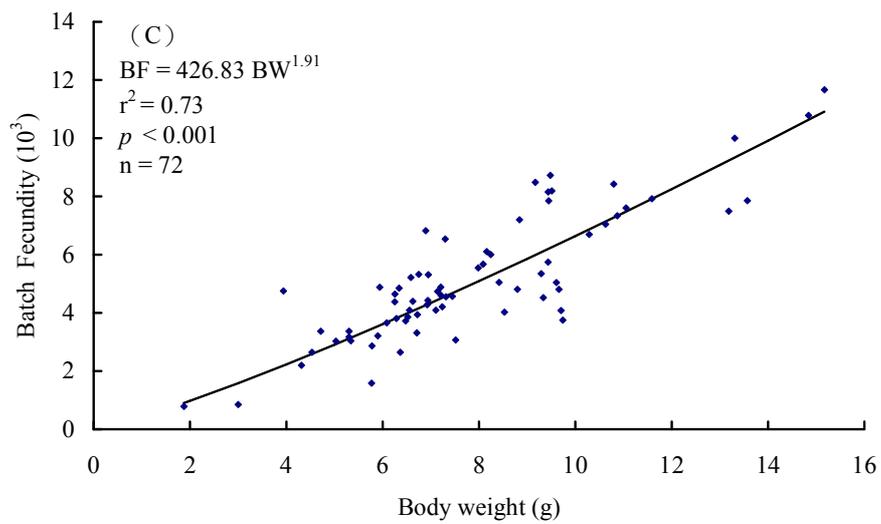
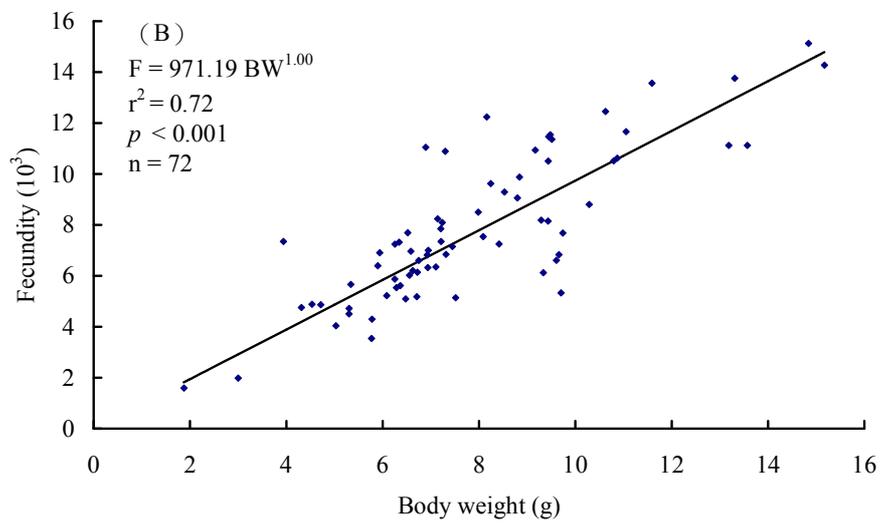
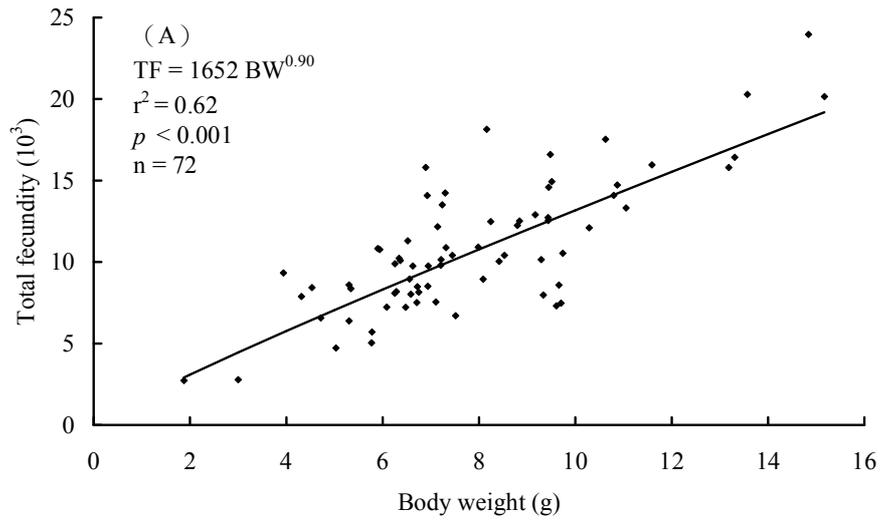


圖 17. 總卵數(A)、孕卵數(B)及產卵數(C)對體重之關係圖。

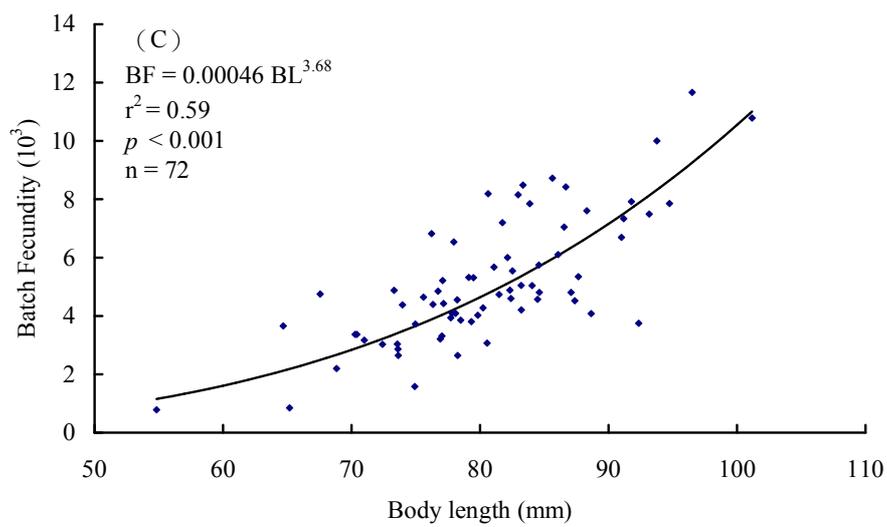
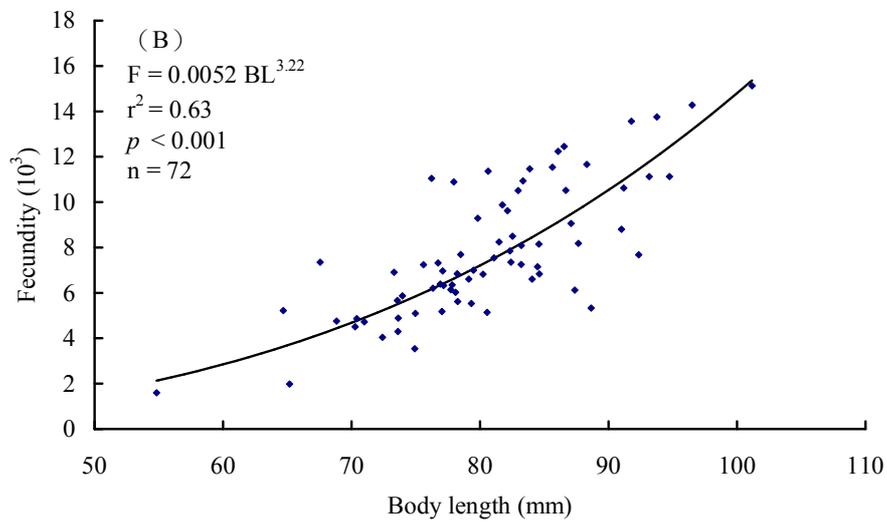
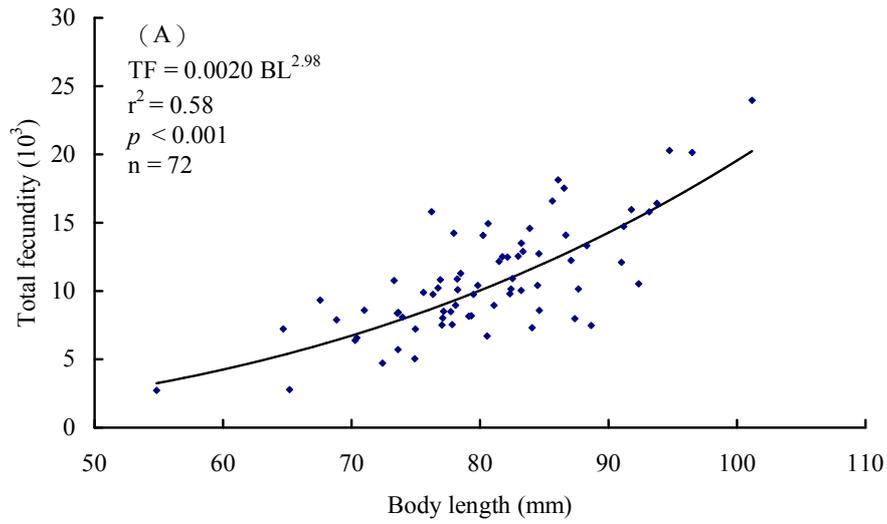


圖 18. 總卵數(A)、孕卵數(B)及產卵數(C)對體長之關係圖。

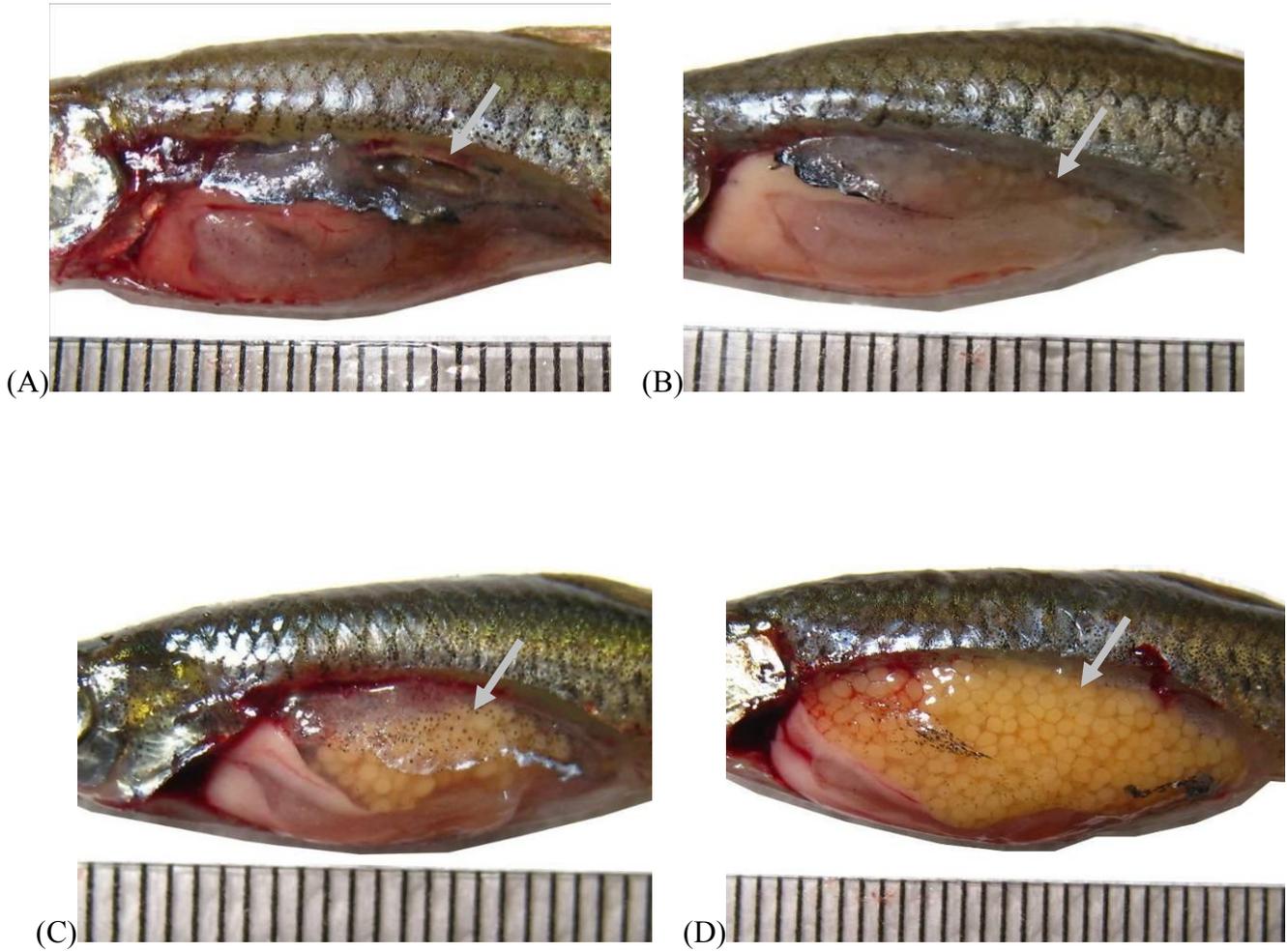


圖 19. 卵巢不同發育階段卵巢外觀特徵。(A) 未成熟期 (Immature stage)、(B) 成熟早期 (Early maturing stage)、(C) 成熟晚期 (Late maturing stage) 及 (D) 完熟期 (Matured stage) (圖下黑線之間格，單位為 1mm)。

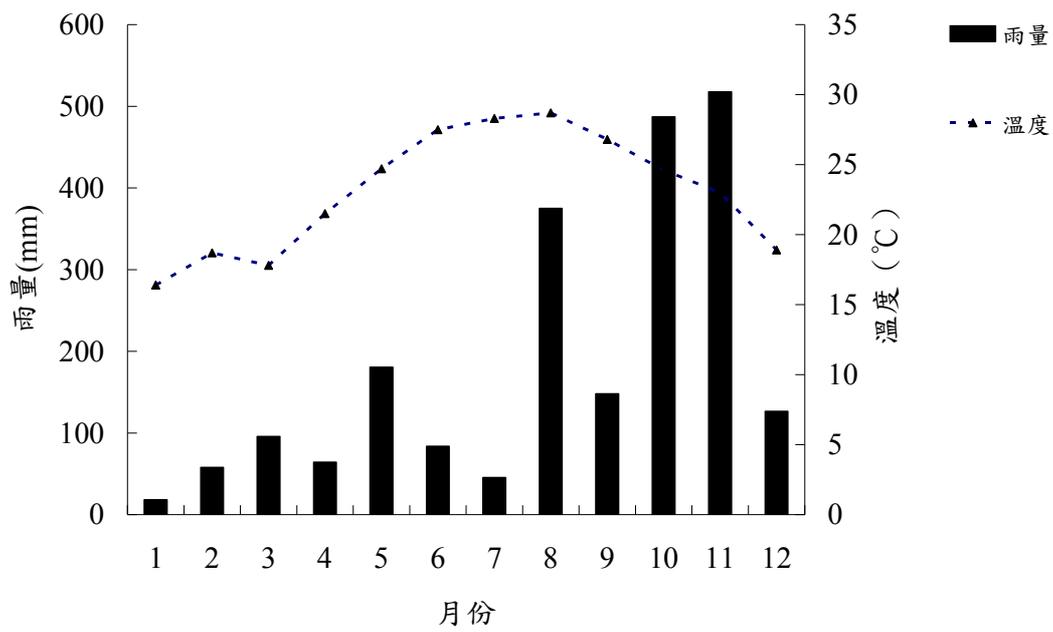
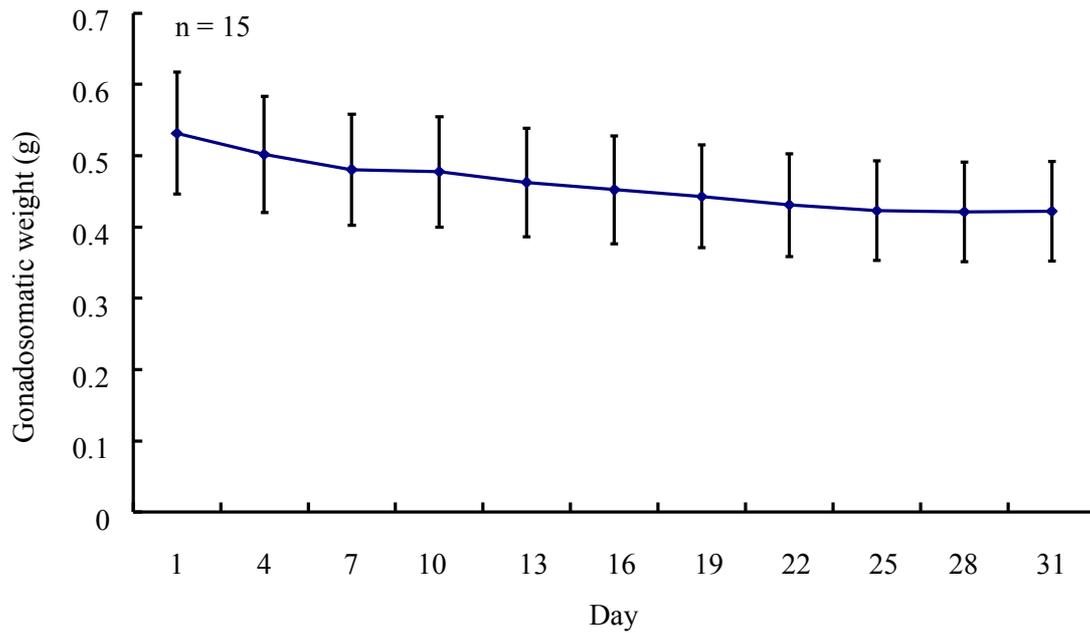


圖 20. 溫度與降雨量。

附錄 1.



附錄 1. 為菊池氏細鯽卵巢於福馬林中收縮之情形，以菊池氏細鯽 15 尾卵巢樣本，將卵巢取出後置於福馬林中，每隔 3 天測量重量，持續觀察 31 天。在第九天時收縮約 0.1%，第 24 天收縮約 0.2%，之後沒有明顯的變化，直至第 31 天收縮約 0.2%。垂直線為標準誤。