

## 烏石坑地區 18 年生台灣杉人工林雨水之質量組成

# Throughfall, Stemflow, Rainfall Interception, and Their Ionic Fluxes at a 18-year Taiwan-fir (*Taiwania cryptomerioides*) Plantation in the Wushyrkeng Area of Central Taiwan

薛美莉\*

Mei-Li Hsueh\*

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

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

\*通訊作者：shiu@tesri.gov.tw

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

## 摘 要

本研究於 1998 年 2 月到 1999 年 5 月收集烏石坑地區 18 年生台灣杉人工林降雨並分析其水質以瞭解其穿落水、幹流和截留量及化學組成之改變。試驗期間烏石坑之年降雨量為 2,050 mm，台灣杉人工林穿落水量為 1,771 mm，幹流量為 23.5 mm，截留量為 255.6 mm，各占降雨量之 86.4%、1.1%和 12.5%。分析結果顯示穿落水及幹流均與降雨強度呈顯著線性迴歸。雨水流經台灣杉時電導度及大部分離子濃度自林外雨、穿落水及幹流逐漸增加，只有 pH 值及  $\text{HCO}_3^-$  呈現穿落水 > 林外雨 > 幹流。穿落水增多係數由 1.18 ( $\text{Na}^+$ )到 21.89 ( $\text{K}^+$ )，幹流的增多係數由 1.83 (F)到 90.41 ( $\text{K}^+$ )，顯示幹流中離子濃度變化較穿落水高。林內雨之年輸入量(穿落水加幹流)，在陽離子中以  $\text{Ca}^{2+}$  最高 (44.38 kg/ha)， $\text{K}^+$  (36.22 kg/ha)及  $\text{NH}_4^+$  (11.04 kg/ha)次之；陰離子依序為  $\text{HCO}_3^-$  (85.13 kg/ha)、 $\text{NO}_3^-$  (48.49 kg/ha)及  $\text{SO}_4^{2-}$  (36.01 kg/ha)。穿落水的 pH 值與  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  有顯著相關，幹流的 pH 值則與  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  及  $\text{HCO}_3^-$  有顯著相關。整體而言，林內雨  $\text{H}^+$  淨輸入量為 -0.03 kg/ha/year， $\text{HCO}_3^-$  淨輸入量為 53.23 kg/ha/year，台灣杉冠層保留部分的  $\text{H}^+$  並增加  $\text{HCO}_3^-$  的量，對於酸沉降具有中和能力。

## Abstract

Throughfall, stemflow and rainfall interception were collected and their ionic concentrations were analyzed for each of the rainfall events at a 18 year-old Taiwan-fir (*Taiwania cryptomerioides*) plantation in the Wushyrkeng area of central Taiwan, February 1998 to May 1999. The total annual flow were 1,771 mm for throughfall, 23.5 mm for stemflow, and 255.6 mm for rainfall interception, representing, respectively, 86.39%, 1.15% and 12.46% of the total annual rainfall of 2,050 mm. Annual fluxes of main cations from throughfall and stemflow were 44.38 kg/ha for  $\text{Ca}^{2+}$ , 36.22 kg/ha for  $\text{K}^+$ , and 11.04 kg/ha for  $\text{NH}_4^+$ , while the fluxes of main anions were 85.13 kg/ha for  $\text{HCO}_3^-$ , 48.49 kg/ha for  $\text{NO}_3^-$ , and 36.01 kg/ha for  $\text{SO}_4^{2-}$ . The pH-values were significantly correlated to  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{HCO}_3^-$  for throughfall but to  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{HCO}_3^-$  for stemflow. The annual stemflow flux of  $\text{H}^+$  was negative -0.03 kg/ha but positive 53.23 kg/ha for  $\text{HCO}_3^-$ , indicating that some of the  $\text{H}^+$  ions were retained by the forest canopies. This suggested that the Taiwan-fir plantation functions as a buffer for acid rain.

**關鍵詞：**台灣杉、穿落水、幹流、截留

**Key words :** Taiwan-fir (*Taiwania cryptomerioides*), throughfall, stemflow, rainfall interception

收件日期：97年6月16日

接受日期：97年11月20日

Received: June 16, 2008

Accepted: November 20, 2008

## 緒 言

降雨進入森林生態系後，一部分經由森林冠層滴落地面(穿落水, throughfall)，部分流經枝條及樹皮到達地面(幹流, stemfall)，另外有一部分雨水在林冠就被攔截或蒸發，稱為截留(rainfall interception) (林 1976；Prebble and Strike 1980；Parker 1990)。台灣早期的森林降雨研究，著重於透過穿落水及幹流量的觀測來推估森林水分收支(周及江 1964；潘 1964, 1965, 1966；林等 1974；陸及唐 1995；林等 1996)，近來則逐漸重視森林降雨化學性質之變化及酸沉降對森林的影響(金及黃 1983；洪等 1987；劉及許 1997, 1999；林等 1998；劉

2000；King and Shiue 1992；King *et al.* 1994)。由整個森林生態功能來看，林木對於空氣污染或酸雨具有物理過濾、化學中和、離子交換、淋溶及吸收等作用(Miller 1983)，當雨水接觸植群時會因冠層吸收或釋放出溶解物質而造成其化學性質改變，因此林內雨不論在水質或水量均會有所變化(劉及許 1997；Ulrich 1983；Lucier and Haines 1990；Hölscher *et al.* 1998)。

以往森林砍伐及酸沉降對生態系所造成的危害近年來已逐漸顯現，因此不同森林生態系對於空氣污染或酸雨之交感作用及人工林經營方式對於森林水文及營養循環影響之研究更加重視(林等 1998；Matzner 1983；

Opakunle 1989 ; Hölscher *et al.* 1998 ; Lian and Zhang 1998)。台灣杉(*Taiwan cryptomerioides*)為台灣原生針葉樹種，生長快且幹材利用率高，木材對於白蟻及海蟲之抵抗力佳，經濟價值極高(林及洪 1991)，其造林面積達 5,459 ha，蓄積量 333,000 m<sup>3</sup> (林務局 1995；王等 2000)。本種雖為台灣重要的經濟造林樹種，卻少有其森林水文或養分循環之相關資料。本研究主要目的是分析烏石坑地區雨水流經台灣杉林時其水量及水質組成之影響，瞭解台灣杉之部分養分流轉過程，並評估台灣杉人工林對酸沉降之影響。

## 材料與方法

### 一、試驗地

試驗地位於台中縣和平鄉烏石坑(24°18' N, 120°55'E, 圖 1)，屬國有林大安溪事業區第 122 林班，試驗地面積為 328.4 ha，海拔由 650m 至 1,834m 之山椒山(Mt. Shan-chiao)山頂。區內植被可分為草生地、造林地、次生林及原始林等植物群落(賴及林 1997)，造林地以台灣杉、柳杉(*Cryptomeria japonica*)及杉木(*Cunninghamia lanceolata*)為主要樹種。本研究

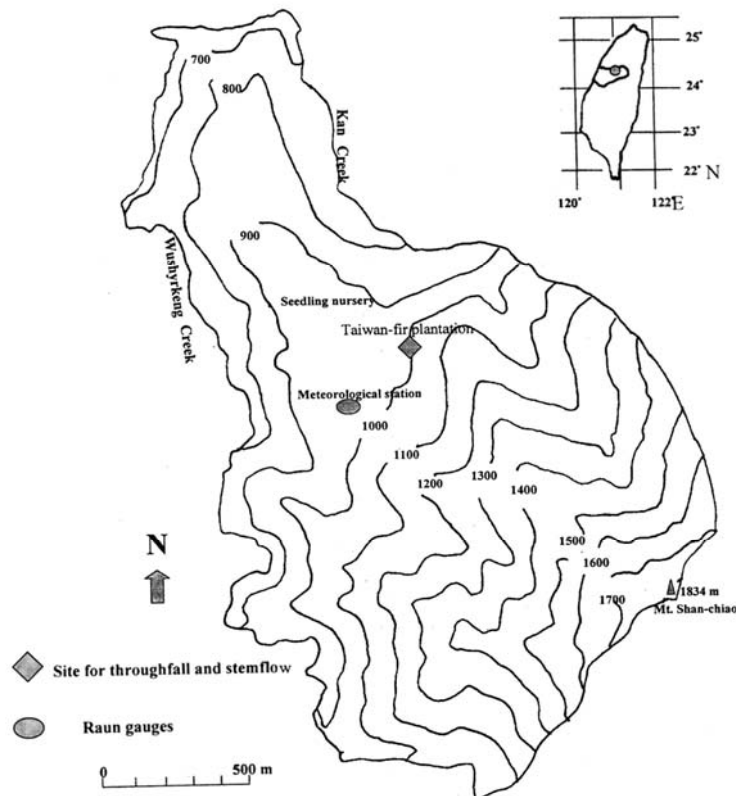


圖 1. 烏石坑地區雨水及台灣杉林內雨採樣站。

**Fig. 1.** Locations of the Taiwan-fir plantation and meteorological station in the study area of Wushyrkeng in the central Taiwan (solid diamond in the map of Taiwan at the upper right corner, the study area; lines with numbers, elevations in meter).

幹流及穿落水之量測設置在台灣杉造林地，造林時間為 1980 年(18 年生)，面積 14.32 ha，海拔 1,060m，西南坡向。土壤質地為粉質壤土，土壤 pH 值在 3.2 至 3.6 間，屬極酸性土壤(楊等 1994)。

根據中央氣象局雙崎測候站 1995-1997 年之氣象資料，本區因受山勢阻擋風勢較弱，年平均風速為 0.5 km/hr，年平均氣溫為 20.0°C，全年最高溫出現在 7 月份(24.7°C)，最低溫為 1 月份(13.4°C)。平均年雨量為 2,509 mm，雨季及乾季明顯，4 月到 8 月為雨季，其降雨量占全年 83%，10 月至翌年 1 月為乾季，月降雨量低於 60 mm (薛 2000)。在氣候分類上本區屬台灣典型之夏雨型氣候(Su 1984)。

## 二、森林降雨之採樣與計算

### (一)林外雨(rainfall, RF)

試驗區之降雨收集由 1998 年 2 月起至 1999 年 5 月止，以每一場雨(event)為採樣單位收集雨水，且降雨停止 6 hr 後即為收集的時機(林等 1996)。共有 3 組雨水的收樣器設置於特有生物研究保育中心低海拔試驗站之烏石坑氣象站(圖 1)。每組有 3 個直徑 19 cm 之塑膠漏斗，以水管接至 25L 容量之塑膠筒，材質為高密度聚乙烯(HDPE)，為避免受地面飛濺干擾，架設高度為 100 cm。由於漏斗為常年開口，因此收集物為混沉降(bulk precipitation)。每次採樣同時量測收集筒中的雨水，換算為降雨量(金 1987)。

### (二)穿落水(throughfall, TF)

在台灣杉樣區中設置 4 組收集穿落水之收集筒，其中兩組採用直徑 19 cm 之塑膠漏斗 3 個，以水管接至 25L 容量之塑膠筒。另兩組則因地勢差異不易架設鐵架，改以直徑 24 cm 之塑膠漏斗，直接裝設於 30L 容量之塑膠筒。每次採樣同時量測每一收集筒中的水樣量，除以其個別承雨面積，換算出單位面積之穿落水量(Brooks *et al.* 1991)。

### (三)幹流(stemflow, SF)

設置 4 個 10m × 10m 的樣區，測量樣區內林木平均胸高斷面積。樣區之林木胸徑由 7.1-40.4 cm，其胸徑級集中分布在 25-35 cm (圖 2)，因此選定胸徑為 27.9 cm、31 cm 及 32 cm 之台灣杉 3 株，每株於樹高 150 cm 處以塑膠管(直徑 4 cm，上方穿鑿小孔)纏繞約 3 圈，塑膠管外圈直徑 1 cm 透明管圍繞防止幹流溢流，其間隙均以矽膠填實，再將水管接至 25L 容量之塑膠筒(洪等 1987)。每次採樣同時量測每一收集筒中的水樣量，依下列公式求其單位面積之幹流量(陸及唐 1995)：

$$SF = VOL \times (6884 / ABH) / 10^5$$

SF：幹流量(mm)；

VOL：每場雨於幹流採樣桶所量測的量(ml)；

ABH：植株之胸高斷面積(cm<sup>2</sup>)；

10m × 10m 樣區內台灣杉之平均胸高斷面積為 6,884 cm<sup>2</sup>。

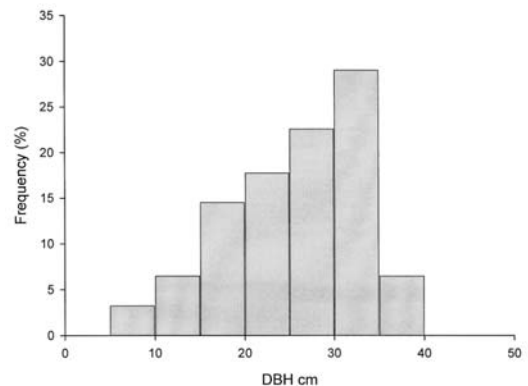


圖 2. 烏石坑地區 18 年生台灣杉人工林胸高直徑分布圖。

Fig. 2. The distribution of tree diameters at breast height (DBH) at the 18-year old Taiwan-fir plantation in the Wushyrkeng area.

### (四)截留量(rainfall interception, IL)

將林冠截留量定義為林外雨與穿落水及

幹流之差，截留量之估算式(潘 1964; Brooks *et al.* 1991)：

$$IL = RF - (TF + SF)$$

### 三、化學分析

上述之雨水、穿落水及幹流現場採樣後於當地測定電導度及 pH 值，電導度(conductivity)以電導度計(WTW LF537)測定，pH 值以玻璃電極(WTW pH95)測定。所有水樣均立即冷藏儘速攜回實驗室分析，每一樣品重複分析 2 次。水樣以 0.45  $\mu\text{m}$  之濾膜過濾後以離子層析儀(DIONEX 100)測定，其中  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$  以陽離子管柱分析， $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  以陰離子管柱分析。 $\text{HCO}_3^-$  的測定以 0.01N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  滴定水樣至 pH 值為 4.52 為止，水樣 pH 值低於 4.6 以下者，則不滴定(金及楊 1984; 劉 2000)。

### 四、離子濃度及年輸入量之估計

各種離子濃度以離子當量濃度(micro-equivalent concentration,  $\mu\text{eq/l}$ )來表示，分別以穿落水及幹流各離子濃度與林外雨離子濃度相比較，求出其增多係數(TTF/RF, SF/RF enrichment ratio)，以了解雨水流經台灣杉後化學物質的變化(Parker 1990)。

年輸入量(annual flux)則由 1998 年 3 月至 1999 年 2 月底之總雨量再與各離子濃度平均計算，估算雨水輸入之營養鹽量。淨輸入量(net canopy exchange, NEC)由穿落水的年輸入量(total annual throughfall, TTF)加上幹流年輸入量(total annual stemflow, TSF)再減去林外雨的年輸入量(total annual rainfall, TRF)，算出森林的淨輸入量〔 $\text{NEC} = (\text{TTF} + \text{TSF}) - \text{TRF}$ 〕。

### 五、統計分析

#### (一)水質變化

森林不同降水化學性質組成之差異採用變異數分析(analysis of variance)來檢測調查期

間降雨、穿落水及幹流水質的差異，並以鄧肯分析(Duncan's multiple range test)檢測其變異是否顯著。穿落水及幹流的 pH 值與各成分之相關性採用皮爾森相關強度分析(Pearson correlation analysis)檢測，以上統計分析軟體為 SAS 8.0。

#### (二)降雨量與穿落水及幹流之相關性

降雨量與穿落水、幹流量及截留量以統計繪圖軟體 SigmaPlot version 8.0 進行直線迴歸分析(linear regression)，並建立其迴歸式。

## 結 果

### 一、雨水的分配

研究期間烏石坑地區各月份林外雨、台灣杉穿落水及幹流之水量及比率如表 1 所示。自 1998 年 3 月至 1999 年 2 月止一整年的資料來看，烏石坑的年降雨量為 2,050 mm，穿落水量 1,771 mm，平均穿落率為 86.39%，幹流量 23.5 mm 占降雨之 1.15%，截留量為 255.6 mm 占降雨量之 12.46%。其結果與林(1976)於溪頭地區觀測台灣杉人工林(36 年生)，穿落水、幹流及截留量分別占林外雨之 88.13%、1.80%及 11.69%相近。

### 二、季節差異

穿落水及幹流占降雨之最高比率出現在 1998 年 6 月(穿落水 94.25%，幹流 1.62%)，最低比率出現於 1999 年 1 月(穿落水 57.42%，幹流 0.06%)，截留量占降雨比率最高為 1999 年 1 月(42.51%)，最低在 1998 年 6 月(4.13%)，截留率的兩個高峰期出現在 1998 年的 7、8 月及 1999 年的 1、2 月。截留率受到降雨特性、氣候條件與森林狀況之影響，就調查期間烏石坑地區之生態氣候圖(Walter 1985)與林內降雨之截流率來看(表 1，圖 3)，1998 年的 7、8 月截留率高峰可能受高溫影響，使降雨迅速蒸發。而 1999 年 1、2 月的高峰則因 1998 年 11 月起

進入乾季(11月降雨量為0)，1999年1-2月則為絕對乾早期(雨量低於溫度2倍)，連續乾早造成樹冠層乾燥，一旦降雨枝葉層及樹幹吸附

並截留大部分的雨水，因此穿落水及幹流占降雨量之比率相對減少。

**表 1.** 烏石坑地區台灣杉 18 年生人工林降雨、穿落雨、幹流及截流之月變化量 (1998 年 2 月至 1999 年 5 月)

**Table 1.** Monthly and annual rainfall, throughfall, stemflow, and interception loss at the 18 years old Taiwan-fir plantation in the Wushyrkeng area of central Taiwan, February 1998 to May 1999 (percentages to rainfall in parentheses)

	1998												1999				Annual total <sup>1/</sup>
	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May		
Rainfall (mm)	259.0	237.8	124.9	409.0	317.4	91.1	244.3	261.8	253.5	72.3	15.6	23.0	130.6	126.8	253.5	2050.7	
Throughfall (mm)	239.4	206.9	106.9	378.7	299.1	62.9	168.5	229.8	233.5	60.5	8.9	15.9	106.8	106.5	216.7	1771.6	
(%)	(92.43)	(87.01)	(85.55)	(92.58)	(94.25)	(69.00)	(68.99)	(87.80)	(92.09)	(83.60)	(57.42)	(69.23)	(81.82)	(83.99)	(85.46)	(86.39)	
Stemflow (mm)	2.7	2.2	1.3	4.3	5.1	0.7	2.2	3.2	3.9	0.5	0.0	0.0	0.8	1.8	2.3	23.5	
(%)	(1.05)	(0.93)	(1.06)	(1.06)	(1.62)	(0.71)	(0.89)	(1.24)	(1.55)	(0.71)	(0.06)	(0.09)	(0.64)	(1.45)	(0.92)	(1.15)	
Interception loss (mm)	16.9	28.7	16.7	26.0	13.1	27.6	73.6	28.7	16.1	11.4	6.6	7.1	22.9	18.5	34.5	255.6	
(%)	(6.52)	(12.06)	(13.39)	(6.36)	(4.13)	(30.29)	(30.12)	(10.96)	(6.36)	(15.71)	(42.51)	(30.67)	(17.53)	(14.59)	(13.61)	(12.46)	

<sup>1/</sup> March 1998 to February 1999.

### 三、降雨量與穿落水及幹流之相關性

以每一場降雨量與穿落水、幹流進行相關性分析，發現穿落量、幹流與降雨量均呈顯著正相關，而截留量則與降雨量無顯著相關 ( $R^2=0.10$ ,  $df=28$ ,  $p>0.05$ )，再以穿落量、幹流與降雨量進行直線迴歸分析，其迴歸式詳如圖 4。陸及唐(1995)對台灣中部天然闊葉林截留量之研究，也發現截留量與雨量間並無顯著的相關性。理論上當林冠截留容量飽和後，其截留量不再增加，因此截留量占降雨之比率亦隨著降雨量之增加而降低，且截留量除受降雨強度及持續時間影響外，日照、風、氣溫等與蒸發散有關之因子亦具影響，因此其與降雨量之直線相關性甚低。

### 四、雨水 pH 值、電導度及無機養分濃度

調查期間該試驗區穿落水、幹流與降雨之化學性質加權平均當量濃度詳如表 2。流經台灣杉林之雨水化學性質變化主要有兩種趨勢，一為自林外雨、穿落水及幹流濃度逐漸增加(電導度及大部分離子)；另一類為離子在穿落水中增加，而幹流則降低(pH 值及  $\text{HCO}_3^-$ )。

穿落水的陽離子以  $\text{Ca}^{2+}$  之濃度最高，而後依序為  $\text{K}^+>\text{NH}_4^+>\text{Mg}^{2+}>\text{Na}^+>\text{H}^+$ ，陰離子濃度依序為  $\text{HCO}_3^->\text{NO}_3^->\text{SO}_4^{2-}>\text{Cl}^->\text{F}^-$ ，幹流陽離子濃度依序為  $\text{Ca}^{2+}>\text{K}^+>\text{Mg}^{2+}>\text{NH}_4^+>\text{H}^+>\text{Na}^+$ ，陰離子濃度依序為  $\text{SO}_4^{2-}>\text{NO}_3^->\text{Cl}^->\text{HCO}_3^->\text{F}^-$ ，幹流中所有的離子濃度除  $\text{HCO}_3^-$  濃度明顯下降外，其他離子濃度在幹流中均大幅上升。除了

F<sup>-</sup>以外，幹流的化學性質與降雨及穿落水相較，其他離子均呈顯著差異，此點顯示雨水通過林冠後其化學組成會明顯改變，幹流之化學性質變化更為劇烈。

五、營養鹽年輸入量及分配

表 3 為營養鹽年輸入量及分配，陽離子營養鹽年輸入量較高等有 Ca<sup>2+</sup>(43.31 kg/ha/year)、K<sup>+</sup>(34.76 kg/ha/year)及 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (10.89 kg/ha/year)；陰離子有 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (85.13 kg/ha/year)、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (48.49 kg/ha/year)、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (36.01 kg/ha/year)及

Cl<sup>-</sup> (16.14 kg/ha/year)。除了 H<sup>+</sup>外，穿落水離子量均占林內兩年輸入量 96%以上，幹流的年輸入量中以 H<sup>+</sup>占 13%最高，其他離子約占 1-4%，顯示穿落水對森林元素流轉之貢獻頗為重要。

淨輸入量以 K<sup>+</sup>(33.88 kg/ha/year)及 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (52.23 kg/ha/year)最高，其中 K<sup>+</sup>的淨輸入量占總輸入量的 94%，顯示有大量的 K<sup>+</sup>經由林冠投入林地。然而 H<sup>+</sup>(-0.02 kg/ha/year)和 F<sup>-</sup>(-1.55 kg/ha/year)之淨輸入量為負值，亦顯示部分離子在雨水穿過冠層反而被林冠吸收。

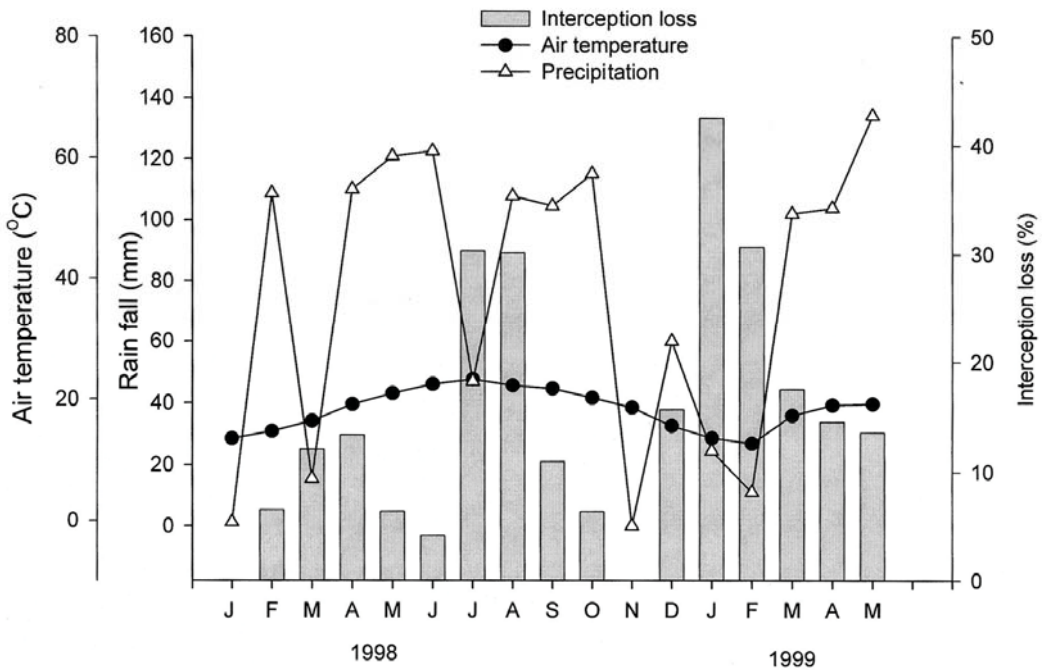


圖 3. 烏石坑地區生態氣候圖(10°C=20 mm；當降雨量大於 100 mm 時，10°C=200 mm)與台灣杉截留率月變化圖(1998 年 2 月至 1999 年 5 月)。

Fig. 3. Ecological climate diagram (10°C=20 mm; when precipitation > 100 mm, 10°C=200 mm) and percentages of monthly rainfall interception (bar chart) at the Taiwan-fir plantation in the Wushyrkeng area, February 1998-May 1999.

**表 2.** 1998 年 2 月至 1999 年 5 月烏石坑地區 18 年生台灣杉人工林降雨、穿落水及幹流化學成分之容積加權平均( $\mu\text{eq/l}$ )

**Table 2.** Ionic concentrations (volume weighted means  $\pm$  standard deviations,  $\mu\text{eq/l}$ ) of rainfall, throughfall and stemflow for the 18-year Taiwan-fir plantation in the Wushyrkeng area of central Taiwan, February 1998 to May 1999

	n=87 Rainfall	n=115 Throughfall	n=87 Stemflow
Cond. ( $\mu\text{s/cm}$ )	13.25 $\pm$ 0.58 <sup>bl</sup>	22.65 $\pm$ 3.83 <sup>b</sup>	63.15 $\pm$ 14.78 <sup>a</sup>
pH	5.04 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>	5.88 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	4.76 $\pm$ 0.38 <sup>c</sup>
H <sup>+</sup>	19.30 $\pm$ 6.06 <sup>b</sup>	3.42 $\pm$ 1.37 <sup>c</sup>	34.57 $\pm$ 16.92 <sup>a</sup>
Na <sup>+</sup>	9.64 $\pm$ 2.30 <sup>b</sup>	8.62 $\pm$ 1.45 <sup>b</sup>	21.94 $\pm$ 6.26 <sup>a</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	25.82 $\pm$ 1.06 <sup>b</sup>	46.48 $\pm$ 18.15 <sup>ab</sup>	46.83 $\pm$ 12.42 <sup>a</sup>
K <sup>+</sup>	3.55 $\pm$ 0.53 <sup>c</sup>	50.49 $\pm$ 9.16 <sup>b</sup>	173.67 $\pm$ 152.98 <sup>a</sup>
Mg <sup>2+</sup>	13.50 $\pm$ 5.49 <sup>b</sup>	31.35 $\pm$ 4.47 <sup>b</sup>	95.95 $\pm$ 9.26 <sup>a</sup>
Ca <sup>2+</sup>	51.95 $\pm$ 15.17 <sup>b</sup>	129.31 $\pm$ 36.23 <sup>b</sup>	254.12 $\pm$ 49.79 <sup>a</sup>
F <sup>-</sup>	9.03 $\pm$ 3.91 <sup>a</sup>	8.82 $\pm$ 5.18 <sup>a</sup>	17.83 $\pm$ 1.82 <sup>a</sup>
Cl <sup>-</sup>	18.02 $\pm$ 0.98 <sup>b</sup>	23.76 $\pm$ 3.57 <sup>b</sup>	83.37 $\pm$ 27.94 <sup>a</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	22.61 $\pm$ 2.45 <sup>b</sup>	48.24 $\pm$ 11.96 <sup>b</sup>	98.43 $\pm$ 16.26 <sup>a</sup>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	35.92 $\pm$ 2.13 <sup>b</sup>	45.40 $\pm$ 4.98 <sup>b</sup>	153.23 $\pm$ 32.21 <sup>a</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	22.98 $\pm$ 12.55 <sup>b</sup>	69.54 $\pm$ 4.00 <sup>a</sup>	18.95 $\pm$ 9.60 <sup>b</sup>

<sup>l</sup> Different superscripts (a, b and c) between columns of a line indicating significant difference at 5% level ( $p < 0.05$ ).

**表 3.** 烏石坑地區 18 年生台灣杉人工林林外雨、穿落雨、幹流的年輸入量和離子年淨輸入量(kg/ha/year), 1998 年 3 月至 1999 年 2 月

**Table 3.** Annual ion in fluxes from rainfall, throughfall, stemflow and net canopy exchange (NCE, kg/ha/year) in the Wushyrkeng area of central Taiwan, March 1998 to February 1999 (percentages to total in parentheses)

	H <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Rainfall	0.39	2.67	7.61	2.34	2.57	15.52	4.61	12.32	24.11	31.13	31.90
Throughfall	0.32	2.78	10.89	34.79	6.38	43.31	2.98	15.59	47.30	34.68	84.31
(%)	(87)	(97)	(99)	(96)	(97)	(98)	(97)	(97)	(98)	(96)	(99)
Stemflow	0.05	0.10	0.15	1.42	0.21	1.07	0.08	0.55	1.19	1.33	0.82
(%)	(13)	(3)	(1)	(4)	(3)	(2)	(3)	(3)	(2)	(4)	(1)
Total <sup>l</sup>	0.37	2.88	11.04	36.22	6.59	44.38	3.06	16.14	48.49	36.01	85.13
NCE	-0.02	0.21	3.43	33.88	4.02	28.86	-1.55	3.82	24.38	4.88	53.23

<sup>l</sup>Throughfall + Stemflow.

表 4. 台灣地區不同林分穿落雨、幹流和截留率之比較

Table 4. Comparison of percentage compositions of throughfall, stemflow and interception loss to rainfall among different forest types in Taiwan

Annual rainfall (mm)	Throughfall (%)	Stemflow (%)	Interception losses (%)	Forest type	Reference
2050	86.39	1.15	12.46	Taiwan-fir plantation	This study
2821	88.13	1.8	11.69	Taiwan-fir plantation	林 1976
2533	68.28	5.99	18.92	Cryptomeria plantation	林 1976
1608	62-84	3.2-8.6	7.8-29.9	Chinese red pine	周及江 1964
1608	60-83	3.6-12.7	14-38	China-fir plantation	周及江 1964
1165	91.64	0.8	7.56	China-fir plantation	潘 1964
2822	77	14	9	China-fir plantation	劉及許 1999
2090	90.87	1.41	7.72	Taiwan zelkova plantation	潘 1965
2822	76	5	19	Secondary hardwood	劉及許 1999
2707	84.47	4.2	11.3	Mixed hardwood	陸及唐 1995
2346	88.9	<1	11.1	Mixed hardwood	林等 1996
2822	74	3	23	Mixed hardwood	劉及許 1999

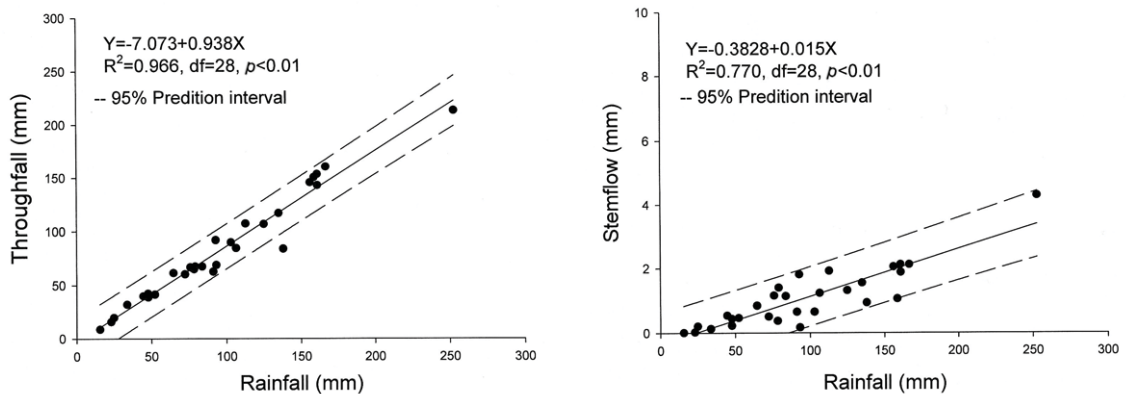


圖 4. 烏石坑地區台灣杉穿落水、幹流和降雨量之迴歸分析圖。

Fig. 4. The linear relationships between throughfall and rainfall (left figure) and between stemflow and rainfall (right figure) at the Taiwan-fir plantation in the Wushyrkeng area, February 1998-May 1999 (solid lines, regression lines; dashed lines, 95% confident levels).

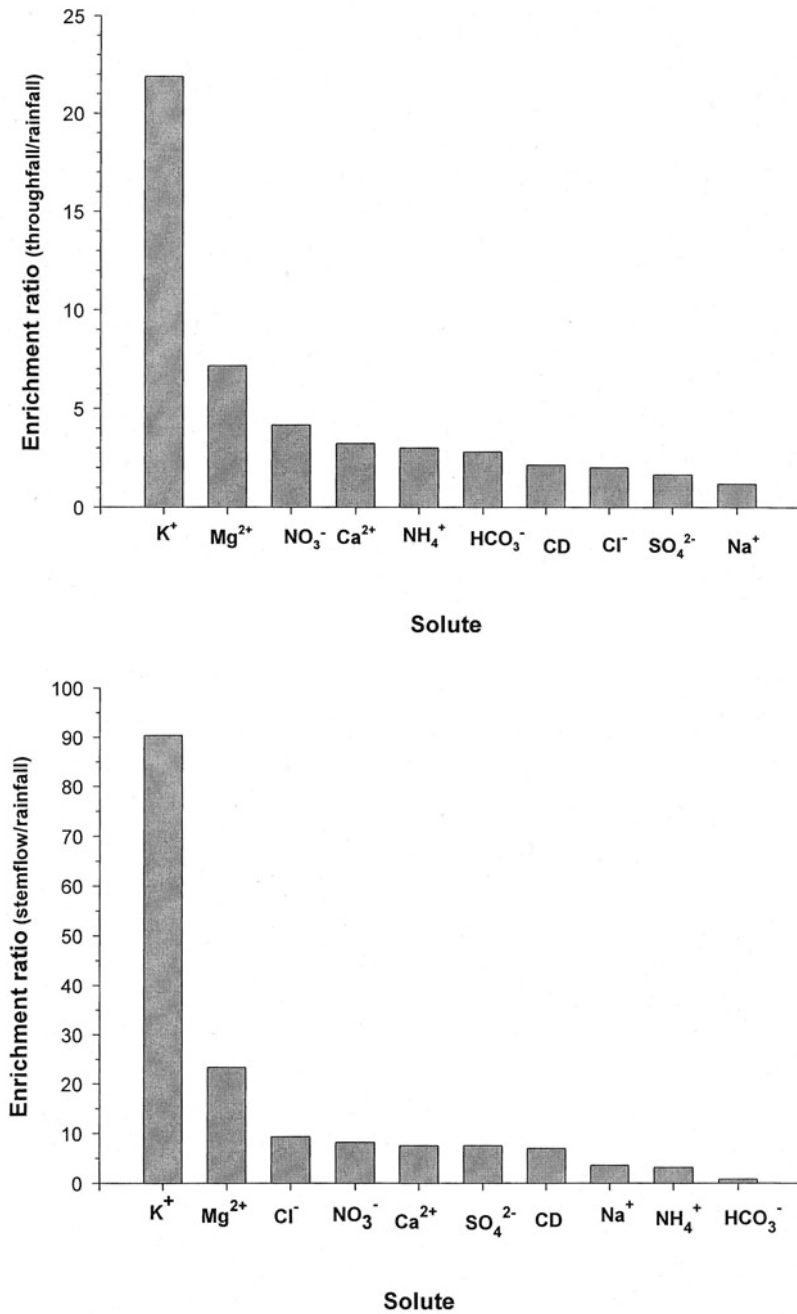


圖 5. 烏石坑地區台灣杉穿落水、幹流主要化學性質之富集率。

Fig. 5. Mean enrichment ratios of major solutes from throughfall (upper figure) and stemflow (down figure) at the Taiwan-fir plantation in the Wushyrkeng area, February 1998-May 1999.

## 六、穿落水及幹流化學成分之增多作用

台灣杉穿落水及幹流中各種離子之增加係數如圖 5。穿落水中各種離子之增加係數依序為  $K^+ > Mg^{2+} > NO_3^- > Ca^{2+} > NH_4^+ > HCO_3^- > Cond. > Cl^- > SO_4^{2-} > Na^+$ ，其中以  $K^+$  (21.89) 最高，其餘各離子之增加係數均在 10 以下。幹流的增加係數依序為  $K^+ > Mg^{2+} > Cl^- > NO_3^- > Ca^{2+} > SO_4^{2-} > Cond. > Na^+ > NH_4^+ > HCO_3^-$ ，除了  $HCO_3^-$  降至 0.82 外，幹流其他各離子之增加係數均高於穿落水，顯示台灣杉幹流化學物質之增多作用遠較穿落水高而明顯，因此探討森林營養鹽循環時幹流養分輸入為一不可忽視之要素。

## 討 論

### 一、台灣地區不同林分穿落水、幹流和截留率之比較

森林生態系之降雨分配為具時間及空間變異的水文現象(陸及唐 1995)。林冠鬱閉度、林相組成、葉面積指數、降雨型態、季節(溫度、風)均會影響到穿落水的量(林等 1996; 劉及許 1999; Moreno *et al.* 2001)。幹流量隨樹種、樹冠型、樹幹粗糙度、樹冠高度及降雨型態及氣候狀況而不同(林等 1974; 陸及唐 1995; 劉及許 1999; Kostelnik *et al.* 1989; Beier and Hansen 1993)。如果氣候型態相同，穿落水比率則受植被(植物組成、鬱閉度、樹種、樹型等)之影響，就人工林而言當林齡增長使林分的鬱閉度增加，其穿落水占降雨之比率會逐漸減少，相對其截留量則會增加。此種差異不僅影響到森林的水文循環、營養循環及能量收支，與森林生產力的變動亦有密切關係。一般森林降雨中穿落水約占 60-95%，幹流占 0-35%，樹冠截留占 5-35% (Parker 1990)。表 4 為台灣對森林降雨分配之研究成果，其大都以穿落水所占之比率最高(60-92%)，截留次之(7-23%)，幹流最小(0.8-12.7%)，與本研究之結果相符。近

來有些研究注意到原生林砍伐後改植人工林及經濟作物對於森林水文及營養循環之影響 (Opakunle 1989; Lian and Zhang 1998)。例如在亞馬遜的次生林中幹流占降雨量之 41%，穿落水只占 38-65%，其雨水分配與原生林差異極大(Hölscher *et al.* 1998)，因此當天然林改變為人工林時，森林降雨之分配比率亦隨之改變。以本研究結果與同在中部山區關刀溪天然闊葉林比較(劉及許 1999)，天然闊葉林的幹流及截留率占較高的比率。

### 二、降雨量與穿落水及幹流之相關性

在本研究中台灣杉人工林穿落水及幹流量均隨降雨量而增加，然而截留量則與降雨量無顯著相關，此一結果與台灣其他林分之研究相同(潘 1964, 1965; 周及江 1963, 1964; 陸及唐 1995; 林等 1996)。由於森林冠層會阻截降雨，因此當降雨到達一定量時才有穿落水及幹流發生。周及江 (1963)於實際觀測相思樹 (*Acacia confusa*)、馬尾松 (*Pinus massoniana*) 及杉木等 3 種林分之林內降雨，發現當雨量達 0.47 mm、2.00 mm 及 0.69 mm 時即有穿落水發生，降雨量需達 6.2 mm、8.1 mm 及 7.8 mm 以上才有幹流發生。然就其所測得之迴歸式來推估雨量需達 3.8 mm、2.9 mm 及 3.8 mm 時才有穿落水發生，雨量達 4.5 mm、16.4 mm 及 15.2 mm 以上才有幹流，較實際觀測值高出許多(周及江 1964)。就本研究之迴歸式(圖 4)推導，當降雨達 25.52 mm 及 7.54 mm 時台灣杉林才有幹流及穿落水發生，其值較前項研究為高。此點除因為推導值偏高外，亦可能由於台灣杉皮具厚纖維質且呈長條狀溝列(劉 1980)，在降雨初期吸收較多的雨水所致(劉 2000)。

在本研究中截留量則與降雨量無顯著正相關，就理論而言截留量應有上限，當截留量達到林冠飽和即不再增加，飽和後截留率將隨著降雨的增加而減少，因此截留量並非僅隨著降雨量增加，其主要受降雨延時 (rainfall

duration)影響。截留量的因素極為複雜，乾濕年、前期降雨、風、氣溫及空氣對流作用也會影響到森林的濕度及蒸發散作用(林等 1974；Brooks *et al.* 1991；Deguchi *et al.* 2006；Cuartas *et al.* 2007)。林等(1996)對台灣東北部天然闊葉林林冠截留之研究，認為冬季之林冠截留率明顯高於夏季。陸及唐(1995)認為截留量雖僅占年總雨量之 10%，但其分布極不平均，冬季乾旱期幾乎所有之降雨均被截留而未能進入土壤，而夏季高強度降雨季節截留量所占之比例甚低。本研究中最高林冠截留率(42.5%)出現於 1999 年 1 月，因為前期連續乾旱且雨量小，大部分的雨水被林冠截留。最低截留率出現在 1998 年 5 月(6.36%)及 6 月(4.13%)，由於該兩個月份之降雨量均達 300 mm，且自 2 月起試驗地的月降雨量達 100 mm 以上，連續降雨使其冠層枝葉過於濕潤，導致截留量減少。

### 三、林內雨 pH 值之變化

當降雨流經森林時因離子置換、植物分泌、吸收及淋溶等過程而改變其 pH 值，綜合許多研究結果來看，闊葉林林冠會中和雨水酸度，針葉林卻可能使雨水酸化(洪等 1987；金等 1992；劉 2000；Cronan and Reiners 1983；Parker 1990)，林冠對於降雨的酸化或中和作用與酸沉降量的多寡有關(Schaefer 1992)。Miller (1983)認為林齡老化和養分缺乏會使針葉林林內雨 pH 值降低。Cronan and Reiners (1983)認為針葉樹林冠對  $\text{NH}_4^+$  吸收、硝化作用及有機酸之淋溶等過程均較闊葉樹林活絡，所以會降低林內雨之 pH 值。

在本研究中台灣杉之林外雨、穿落水與幹流，三者的 pH 值呈顯著差異(表 2)，穿落水之 pH 值較林外雨高出 0.84，然而幹流 pH 值較林外雨降低 0.28，呈現酸化現象。將台灣杉穿落水及幹流的 pH 值與各成分之相關性採用皮爾森相關強度分析，發現穿落水 pH 值與  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $r = -0.311, p < 0.001$ )、 $\text{HCO}_3^-$  ( $r = 0.543, p < 0.001$ )

有顯著相關，顯示雖然台灣杉穿落水 pH 值較為提昇，惟  $\text{SO}_4^{2-}$  對於穿落水仍有負影響。幹流則與  $\text{NO}_3^-$  ( $r = -0.435, p < 0.001$ )、 $\text{SO}_4^{2-}$  ( $r = -0.427, p < 0.001$ )及  $\text{HCO}_3^-$  ( $r = 0.544, p < 0.001$ ) 呈顯著相關，顯示幹流 pH 值的降低主要與  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  有關，根據 Chang *et al.* (2005)研究在台灣中部此兩種離子主要來自工業排放。

金等(1992)調查畢祿溪二葉松林與劉及許(1999)觀測關刀溪杉木林之幹流也出現 pH 值較林外雨低之情形，然台灣其他闊葉林中穿落水及幹流之 pH 值較林外雨高(林等 1991；金等 1992；許等 1994)。HouBao *et al.* (1999)調查福建的香杉人工林發現夏季時因為有機酸導致穿落水及幹流 pH 值降低，在冬季時乾沉的增加使穿落水及幹流的 pH 值上升。Pedersen *et al.* (1995)則認為林冠對 pH 值緩衝能力受氮循環及有機物的溶出之影響。劉(2000)在關刀溪分析香杉森林降雨，認為杉木幹流水之酸化，主要是因為杉木會釋出較多種高濃度的有機酸所致，並以陰離子當量濃度總合差來估算有機酸離子濃度，其幹流陽離子總合均高於陰離子，二者間差異高達 341.65  $\mu\text{eq/l}$ 。目前台灣杉穿落水及幹流尚缺乏有機物之分析，若以上述方法來估算幹流陰陽離子之差異達 255.27  $\mu\text{eq/l}$ ，因此有機酸對於台灣杉幹流 pH 值應有一定程度之影響。

### 四、穿落水及幹流化學成分之增加係數

台灣杉穿落水及幹流中各種離子之增加係數如圖 5，幹流的增加係數明顯高於穿落水之增加係數，幹流由於沿著冠層及樹幹而下，可以淋溶(leaching)出更多的物質，因此其化學成分之濃度多高於穿落水。Wang *et al.* (1997)於福山實驗林雨水之研究顯示，不論穿落水或幹流均以  $\text{K}^+$  和  $\text{Mg}^{2+}$  的增加係數最高，而幹流化學成分濃度高於穿落水。Parker (1990)收集不同林分穿落水與降雨化學性質分析其增加係數之順序為  $\text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Cl} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{SO}_4 >$

$\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$ ，與本研究之結果相符。就淋溶能力來看， $\text{K}^+$ 是最容易自植物體淋溶出來的離子(Lian and Zhang 1998)。因為在植物體中 $\text{K}^+$ 是以離子態存在，而且在氣孔開閉控制扮演重要角色，有時經由降雨淋溶出來而投入林地的鉀甚至比枯落物還多(Johnson 1992; Reynolds 1996)。 $\text{Ca}^{2+}$ 會儲存在植物體中直到枯落才回歸林地，因此在林內雨中 $\text{Ca}^{2+}$ 的淋溶不若 $\text{K}^+$ 迅速， $\text{Mg}^{2+}$ 的循環則是介於 $\text{Ca}^{2+}$ 與 $\text{K}^+$ 之間(Johnson 1992)。林內雨中增加的 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 和 $\text{Ca}^{2+}$ 來自冠層的淋溶作用， $\text{Na}^+$ 則與植群的作用無關，其在林內雨中的濃度增加主要應來自乾沉降(Cappellato and Peters 1995; Hansen 1996)。Reynolds (1996)分析英國不同林齡之西加雲杉(sitka spruce)的降雨，認為林內雨中 $\text{K}^+$ 主要是來自淋溶作用，而 $\text{Na}^+$ 及 $\text{Cl}^-$ 不受到林冠的淋溶、離子交換及吸收的影響。

許多研究指出在缺乏氮源的森林中，當雨水流經森林時，森林冠層及植群(包括附生植物、苔蘚等)會直接吸收 $\text{NH}_4^+$ 與 $\text{NO}_3^-$ ，使林內雨中的 $\text{NH}_4^+$ 與 $\text{NO}_3^-$ 減少(Parker 1990; Neary and Gizyn 1994; Cappellato and Peters 1995; Hansen 1996; Aamlid *et al.* 2000)，尤其在生長季節其吸收現象更為明顯(Lovett 1992)。在烏石坑的台灣杉林內雨並無 $\text{NH}_4^+$ 與 $\text{NO}_3^-$ 被吸收的現象，應與本區高氮沉降量有關。 $\text{NH}_4^+$ 的增加係數穿落水(3.00)與幹流(3.16)相當，顯示 $\text{NH}_4^+$ 沒有被植群釋出，但幹流 $\text{NO}_3^-$ 的增加係數(8.19)卻較穿落水(4.16)提高許多，在幹流中大量釋出的 $\text{NO}_3^-$ 可能來自樹幹表皮，或者當雨水流經冠層時硝化作用會使得雨水中 $\text{NH}_4^+$ 減少而 $\text{NO}_3^-$ 增加，因此不論是幹流或穿落水其 $\text{NO}_3^-$ 的增加係數高於 $\text{NH}_4^+$ (Lovett 1992)。

烏石坑地區台灣杉 $\text{SO}_4^{2-}$ 及 $\text{Cl}^-$ 穿落水及幹流增加係數極為相似，在穿落水中增加係數在2左右，幹流增加係數分別為 $\text{SO}_4^{2-}$ (7.53)及 $\text{Cl}^-$ (8.19)，推測幹流中 $\text{SO}_4^{2-}$ 及 $\text{Cl}^-$ 的高增加係數可能因其樹皮粗糙可攔截更多的大氣沉降所致

(Aboal *et al.* 1999)。林內雨中 $\text{SO}_4^{2-}$ 及 $\text{Cl}^-$ 主要源自乾沉降的淋洗(washoff)，研究顯示 $\text{SO}_4^{2-}$ 來自冠層淋溶作用低於4%(Lindberg 1992; Mitchell *et al.* 1992)，而 $\text{Cl}^-$ 與冠層之淋溶或吸收作用無關(Reynolds 1996)。劉(2000)分析3種林分之穿落水及幹流發現，當雨水通過林冠及樹幹除H、F、Na及杉木林幹流水的 $\text{HCO}_3^-$ 外皆顯著增加，增多係數由1.50到65.49。本研究中也有相同之情形，除了穿落水的F、H<sup>+</sup>及幹流的 $\text{HCO}_3^-$ 外其餘各離子濃度均增加，穿落水增多係數由1.18( $\text{Na}^+$ )到21.89( $\text{K}^+$ )，幹流的增多係數由1.83(F)到90.41( $\text{K}^+$ )，顯示幹流中離子濃度之變化較之穿落水更為劇烈。

#### 五、穿落水及幹流養分流轉

森林降雨中離子的輸入有兩個主要來源，一為來自乾沉降的淋洗，另一為雨水流經樹冠時將植群表面或內部的各種無機與有機的物質攜出的淋溶現象(Johnson 1992)，因此幹流及穿落水的化學性質與雨水會有明顯的差異。就林內雨淨輸入量來看， $\text{K}^+$ 是陽離子中輸入最多的，其淨輸入量達33.88 kg/ha/year，比 $\text{Ca}^{2+}$ 淨輸入量28.86 kg/ha/year還高。在波多黎各雨林中每年透過穿落水回歸林地的 $\text{K}^+$ 為52 kg/ha，而以落葉方式回歸林地卻只有20 kg/ha，可見淋溶為 $\text{K}^+$ 養分回歸之主要路徑，但 $\text{Ca}^{2+}$ 主要透過枯枝落葉回歸至林地(Reynolds 1996; McDowell 1998)。 $\text{Mg}^{2+}$ 在雨水中年輸入量2.57 kg/ha，但林內雨淨輸入量為4.02 kg/ha，顯示部分來自植物淋溶。 $\text{Na}^+$ 主要來自海洋，其非植物必要元素因此植物體中含量低(Ovalle and Filho 1991)，烏石坑地區因離海較遠，受海洋飛沫之影響較小，因此其林內雨 $\text{Na}^+$ 之輸入量與降雨相當。有些研究以葉片中主要陽離子( $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ )之濃度來評估酸沉降對森林中陽基離子之影響，發現在雨量高及酸沉降嚴重的地區會使 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 淋溶現象加劇，引起土壤及植物體中陽基離子

的缺乏，減低森林生態系對酸沉降緩衝之能力(Liechty *et al.* 1993；Austin and Vitousek 1998)。就本研究的  $H^+$  淨輸入量為負數來看，表示台灣杉人工林將部分  $H^+$  保留在冠層中，對於酸沈降具有中和能力。

在缺乏氮源的森林不論針葉樹或闊葉樹都會發生林冠將沉降之  $NH_4^+$  和  $NO_3^-$  吸附保留的現象，此種無機氮之保留現象與樹種、季節及土壤的養分狀況有關(Parker 1990；Cole 1992；Neary and Gizyn 1994)。Cole (1992)認為若不考慮到乾沉降的量，樹冠應該扮演沉積(sink)的角色，因為枝葉層、森林中的附生植物、真菌、細菌會吸收無機氮( $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ )。劉(2000)在台灣中部關刀溪集水區研究 3 種不同林分內雨，發現杉木林有保留  $NH_4^+$  之情形。Wang 等(1997)在福山天然闊葉林進行之研究亦發現  $NO_3^-$  因林冠吸收而減少。但在烏石坑台灣杉林內雨之  $NH_4^+$  及  $NO_3^-$  並沒有發生保留之現象， $NO_3^-$  淨輸入量還高達 24.38 kg/ha/year，為陰離子中輸入最多者，顯示當地氮源並不缺乏。

Adams (1999)認為過量的氮沉降會造成養分循環的改變，並使林地土壤的陽基離子大量釋出、增加有機物分解，使植物生長過速，引發植物物候及碳分配改變，因此氮沉降量是未來監測森林生態變動的主要標的。Chadwick and Kuylenstierna (1991)研究顯示當立地中 N 的沉降量在 20 kg/ha/year 時即會影響植生的組成，因此將 N 沉降之生態環境容忍極限設定為 15 kg/ha/year，惟此一限制條件仍依土壤及立地條件而有所差異。薛(2000)調查烏石坑地區雨水中無機氮( $NO_3^-$ -N+ $NH_4^+$ -N)之輸入量為 11.35 kg/ha/year，而 18 年生台灣杉林內雨無機氮之輸入量為 19.54 kg/ha/year，而 Liu *et al.* (2006)調查 35 年生香杉林雨水輸入總氮量只有 12.30 kg/ha/year，因此未來之氮沉降對於該區之影響應是長期監測的重點。

酸性沉降中以硫酸及硝酸對雨水酸度的

影響最大， $SO_4^{2-}$  的來源主要是燃燒和海洋飛沫(Kennedy 1986)。林內雨中  $SO_4^{2-}$  主要源自乾沉降的淋洗及空氣中  $SO_2$ ，其可經植物的氣孔直接吸收(Mitchell *et al.* 1992；Neary and Gizyn 1994)，因此植物體中的硫含量及硫沉降量均與林內雨中的  $SO_4^{2-}$  有絕對的相關性(Mitchell *et al.* 1992)。在台灣中部的杉木林內雨中  $SO_4^{2-}$  甚至低於降水(劉 2000)，但在福山天然林中受海洋飛沫的影響，因此當雨水流經森林時  $SO_4^{2-}$  成為雨水的主要成分(Wang *et al.* 1997)。烏石坑地區因離海較遠且無嚴重之硫污染，因此台灣杉人工林  $SO_4^{2-}$  的淨輸入量只有 4.88 kg/ha/year，與彰化市雨水  $SO_4^{2-}$  的淨輸入量 25 kg/ha/year (Chang *et al.* 2005)差距頗大，因此大多來自林木本身對乾沉降的攔截。

## 結 論

本研究 18 年生台灣杉人工林之森林降雨量分配，其平均穿落率為 86.39%，幹流量占降雨量之 1.15%，截留量占降雨量之 12.46%。由於烏石坑地區之降雨型態乾濕季極為明顯，森林降雨分配有極大的差異，在乾季時其台灣杉的截留率高達 40%。台灣杉林穿落水 pH 值與  $SO_4^{2-}$  顯著負相關，但幹流 pH 值則與  $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  成顯著負相關。雖然台灣杉幹流有酸化之現象，然而其  $H^+$  淨輸入量為 -0.03 kg/ha/year，表示台灣杉冠層保留部分  $H^+$  離子，而  $HCO_3^-$  淨輸入量為 53.23 kg/ha/year，顯示其酸中和能力的增加，因此就整體而言，台灣杉對於酸沉降仍具有中和能力。

## 謝 誌

本文的完成感謝蔡住發博士及李訓煌研究員的悉心指正及對文章之校閱。林壯威先生協助野外樣品收集，吳福正先生對實驗之協助，在此一併致謝。

## 引用文獻

- 王兆桓、汪大雄、林文亮。2000。台灣人工林蓄積量調查推估方法之研究。中華林學季刊 33 (3): 355-370。
- 周恒、江永哲。1963。降雨時不同樹種林分下幹流之測定。台灣省立中興大學及中國農村復興聯合委員會合作試驗報告。
- 周恒、江永哲。1964。降雨時不同樹種林分下幹流之測定(第二次報告)。台灣省立中興大學及中國農村復興聯合委員會合作試驗報告。
- 林青蓉、陳信雄、陳明傑。1991。溪頭試驗集水區降水及溪流水質之研究。台大實驗林研究學報 5 (2): 67-93。
- 林務局。1995。第三次台灣森林資源及土地利用調查。台灣省農林廳林務局。
- 林登秋、夏禹九、金恆鏞。1996。台灣東北部天然闊葉林林內降雨及林冠截流之研究。台灣林業科學 11 (4): 393-400。
- 林登秋、金恆鏞、夏禹九、王立志。1998。福山試驗林硫酸根與無機氮沈降之探討。中華林學季刊 31 (2): 153-164。
- 林琚三。1976。台灣天然植生及人工造林之水分收支。中國農村復興聯合委員會補助計畫。
- 林琚三、簡文村、邱永和。1974。台灣杉、柳杉林分水文平衡之研究(I)。國立台灣大學地理學院研究報告第八期。
- 林照松、洪富文。1991。六龜地區台灣杉人工林之生長。林業試驗所研究報告季刊 6 (3): 229-248。
- 金恆鏞。1987。台北市連續六年來的雨水性質。第四屆環境污染控制技術研討會論文集。台灣大學環境工程研究所。p. 175-191。
- 金恆鏞、楊炳炎。1984。畢祿溪試驗集水區的降水及溪水化學。林業試驗所研究報告第 427 號。
- 金恆鏞、黃良鑫。1983。酸性降水對森林生態系之影響。中華林學季刊 16 (1): 79-89。
- 金恆鏞、漆陞忠、黃正良、薛美莉。1992。酸性沉降物對森林影響之研究、大尺度空氣污染調查及防治策略研究。行政院環保署八十一年計畫成果。
- 洪富文、夏禹九、金恆鏞。1987。台灣中部一個天然闊葉林林冠對於降雨酸度及其他化學性質的影響。第四屆空氣污染控制技術研討會論文集。p. 155-173。
- 許世宏、魏聰輝、姚榮勳、陳信雄、郭幸榮、陳明杰。1994。溪頭地區降雨與林內穿落水的 pH 值及鹽基離子濃度。台大實驗林研究學報 8 (3): 83-97。
- 陸象豫、唐凱軍。1995。台灣中部地區天然闊葉林降雨與截留量之探討。林業試驗所研究報告季刊 10 (4): 447-457。
- 張紹勳。1995。SAS For Windows 統計分析-高等統計。松崗電腦圖書公司。
- 張斐章、金恆鏞、陳彥璋。1991。台北市雨水 pH 值與離子關係。國立台灣大學農學院研究報告 31 (4): 88-98。
- 楊吉宗、薛美莉、伍木林、陳宗寶。1994。烏石坑低海拔試驗站分區規劃及經營管理模式建立之研究(2/4)。台灣省特有生物研究保育中心八十三年度試驗研究計畫執行成果(經營管理組及解說教育組)。74-98 頁。
- 潘家聲。1964。杉木林分樹冠對於降雨截留量之關係試驗。台灣省林業試驗所報告第 94 號。
- 潘家聲。1965。台灣檫木分樹冠對於降雨截留量關係試驗。台灣省林業試驗所報告。
- 潘家聲。1966。天然闊葉樹林分樹冠對於降雨截留量之關係試驗。台灣省林業試驗所報告。
- 劉業經。1980。台灣重要樹木彩色圖誌。p.

- 138。國立中興大學、台灣省林務局合作研究報告。
- 劉瓊霏、許博行。1997。台灣中部雨水與三種林分穿落水的化學組成。台灣林業科學 12 (4): 379-386。
- 劉瓊霏、許博行。1999。幹流水和穿落水的水量及水質在三種林分的變化。林業研究季刊 21 (2): 51-59。
- 劉瓊霏。2000。雨水流經關刀溪三種林分水化學的變化。國立中興大學森林學研究所博士論文。
- 賴國祥、林旭宏。1997。烏石坑森林植群型及優勢樹種演替趨勢之探討。中華林學季刊 30 (3): 257-268。
- 薛美莉。2000。台灣中部山區降雨水質及酸性沉降。特有生物研究 2: 21-23。
- Aamlid, D. K., T. K. Venn, A. O. Atuanes, S. Solberg, G. Hylen, N. Christophersen and E. Framstad. 2000. Change of forest health in Norwegian boreal forests during 15 years. *Forest Ecology and Management* 127: 103-118.
- Aboal, J. R., D. Morales, M. Herná'ndez and M. S. Jiménez. 1999. The measurement and modelling of the variation of stemflow in laurel forest in Tenerife, Canary Islands. *Journal of Hydrology* 221: 161-175.
- Adams, M. B. 1999. Acidic deposition and sustainable forest management in the central Appalachians, USA. *Forest Ecology and Management* 122: 17-18.
- Austin, A. T. and P. M. Vitousek. 1998. Nutrient dynamics on a precipitation gradient in Hawai'i. *Oecologia* 113: 519-529.
- Berier, C. and K. Hansen. 1993. Spatial variability of throughfall fluxes in a spruce forest. *Environmental Pollution* 81: 25-267.
- Beynolds, B. 1996. Estimating the total deposition of base cations from throughfall measurement. *The Science of the Total Environment* 180: 183-186.
- Brooks, K. N., P. F. Ffolliott, H. M. Gregersen and J. L. Thames. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Cappellato, R. and N. E. Peters. 1995. Dry deposition and canopy leaching rates in deciduous and coniferous forests of the Georgia Piedmont an assessment of a regression model. *Journal of Hydrology* 169: 131-150.
- Chadwick, M. J. and J. C. I. Kuylenstierna. 1991. Critical loads and critical level for the effects of sulphur and nitrogen compounds. pp. 279-315. *In*: W. S. L. James (ed.). Acid deposition origins, impacts and abatement strategies. Springer-Verlag, Berlin.
- Chang C. T., T. C. Lin and M. L. Hsueh 2005. Characterizing precipitation chemistry in Changhua, central Taiwan using weather conditions and multivariate analysis. *Water, Air, and Soil Pollution* 165: 61-75
- Cole, D. W. 1992. Nitrogen chemistry, deposition, and cycling in forests. pp. 150-152. *In*: D. W. Johnson and S. E. Lindber (eds.). Atmospheric deposition and forest nutrient cycling. Springer-Verlag, New York Inc.
- Cronan, C. S. and W. A. Reiners. 1983. Canopy processing of acidic precipitation by coniferous and hardwood forests in New England. *Oecologia* 59: 216-223.
- Cuartas, L. A., J. Tomasella, A. D. Nobre, M. G. Hodentt, M. J. Waterloo and J. C. Múnera. 2007. Interception water-partitioning dynamics for a pristine rainforest in Central Amazonia: Marked differences between

- normal and dry years. *Agricultural and Forest Meteorology* 145: 69-83.
- Deguchi, A., S. Hattori and H. T. Park. 2006. The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: Application of the revised Gash model. *Journal of Hydrology* 318: 80-102.
- Fenn, M. E. and A. Bynerowicz. 1997 Summer throughfall and winter deposition in the San Bernardino mountains in southern California. *Atmospheric Environment* 31(5): 673-683.
- Hansen, K. 1996. In-canopy throughfall measurement of ion fluxes in Norway spruce. *Atmospheric Environment* 30 (23): 4065-4076.
- Hölscher, D., T. D. Deasa, R. F. Moller, M. Denich and H. Folster. 1998. Rainfall partitioning and related hydrochemical fluxes in a diverse and in a mono specific (*Phernakospermum guyannense*) secondary vegetation stand in eastern Amazonian. *Oecologia* 114: 251-257.
- HouBao, F., H. Wei, M. Zhuang and W. Kosuke. 1999. Acidity and chemistry of bulk precipitation, throughfall and stemflow in a Chinese fir plantation in Fujian, China. *Forest Ecology and Management* 122: 243-248.
- Johnson, D. W. 1992. Base cations. pp. 223-340. *In: D. W. Johnson and S. E. Lindberg (eds.). Atmospheric deposition and forest nutrient cycling.* Springer-Verlag, New York.
- Kennedy, I. R. 1986. Acid soil and acid rain: The impact on the environment of nitrogen and sulphur cycling. Research Studies Press, Letchworth, Hertfordshire, England.
- King, H. B. and M. L. Shiue. 1992 Acidic precipitation and nutrient cycling of a subtropical montane hardwood watershed in central Taiwan. pp. 101-116. *In: C. H. Chiang and Y. N. Wanf (eds.). Proceedings of the joint international symposium on air pollution, soil microbiology and biotechnology of forestry ecosystems.* School of Forestry, Auburn University, USA., and Graduate Institute of Forestry, National Taiwan University. ROC.
- King, H. B., Y. J. Hsia, C. B. Liou, T. C. Lin, L. J. Wanf and J. L. Hwong. 1994. Chemistry of precipitation, throughfall, stemfall, and streamwater of six forest sites in Taiwan. pp. 355-362. *In: C. I Peng and C. H. Chou (eds.). Biodiversity and terrestrial ecosystems.* Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series No. 14. Taipei.
- Kostelnik, K. M., J. A. Lynch, J. W. Grimm and E. S. Corbett. 1989. Sample size requirements for estimation of throughfall chemistry beneath a mixed hardwood forest. *Journal of Environment Quality* 18: 274-280.
- Lian, Y. and Q. Zhang. 1998. Conversion of natural broad-leafed evergreen forest into pure and mixed plantation forests in a subtropical area: Effects on nutrient cycling. *Canadian Journal of Forestry Research* 28: 1518-1529.
- Liechty, H. O., G. D. Mroz and D. D. Reed. 1993. Cation and anion fluxes in northern hardwood throughfall along an acidic deposition gradient. *Canadian Journal of Forestry Research* 23: 457-467.
- Lindberg, S. E. 1992. Sulfur chemistry, deposition and cycling in forests. pp. 74-90. *In: D. W. Johnson and S. E. Lindberg (eds.).*

Atmospheric deposition and forest nutrient cycling. Springer-Verlag, New York.

- Liu, C. P., H. W. Yeh and B. H. Sheu. 2006. N isotopes and N cycle in a 35-year-old plantation of the Guandaushi subtropical forest ecosystem, central Taiwan. *Forest Ecology and Management* 235: 84-87.
- Lovett, G. M. 1992. Nitrogen chemistry, deposition, and cycling in forests. pp. 152-166. *In*: D. W. Johnson and S. E. Lindberg (eds.). *Atmospheric deposition and forest nutrient cycling*. Springer-Verlag, New York.
- Lucier, A. A. and S. G. Haines. 1990. *Mechanisms of Forest Response to Acidic Composition*. Springer-Verlag, New York.
- Matzner, E. 1983. Balances of element fluxes within different ecosystems impacted by acid rain. pp. 128-147. *In*: B. Ulrich and J. Pankasath (eds.). *Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystem*. D. Reidel Publishing Company, USA.
- McDowell, W. H. 1998. Internal nutrient fluxes in a Puerto Rican rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 14: 521-536.
- Miller, H. G. 1983. Studies of proton flux in forests and hearths in Scotland. pp. 172-183. *In*: B. Ulrich and J. Pankasath (eds.). *Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystem*. D. Reidel Publishing Company, USA.
- Mitchell, M. J., D. W. Johnson and S. E. Lindberg. 1992. Sulfur chemistry, deposition, and cycling in forests. pp. 97-118. *In*: D. W. Johnson and S. E. Lindberg (eds.). *Atmospheric deposition and forest nutrient cycling*. Springer-Verlag, New York.
- Moreno, G., J. F. Gallardo and F. Bussotti. 2001. Canopy modification of atmospheric deposition in oligotrophic *Quercus pyrenaica* forests of an unpolluted region (central-western Spain). *Forest Ecology and Management* 149: 47-60.
- Neary, A. J. and W. I. Gizyn. 1994. Throughfall and stemflow chemistry under deciduous and coniferous forest canopies in south-central Ontario. *Canadian Journal of Forestry Research* 24: 1089-1100.
- Opakunle, J. S. 1989. Throughfall, stemflow, and rainfall interception in a cacao plantation in south western Nigeria. *Tropical Ecology* 30 (2): 244-252.
- Ovalle, A. R. C. and E. V. S. Filho. 1991. Acid precipitation research in Brazil: A short review. pp. 51-59. *In*: W. S. L. James (ed.). *Acid Deposition Origins, Impacts and Abatement Strategies*. Springer-Verlag, Berlin.
- Parker, G. G. 1990. Evaluation of dry deposition, pollutant damage, and forest health with throughfall studies. pp. 10-61. *In*: A. A. Lucier and S. G. Haines (eds.). *Mechanisms of Forest Response to Acidic Deposition*. Springer-Verlag, New York.
- Pedersen, L. B., K. Hansen, J. Billehaansen, M. Løber and M. F. Hovmand. 1995. Throughfall and canopy buffering in three sitka spruce stands in Denmark. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 1593-1598.
- Prebble, R. E. and G. B. Strike. 1980. Throughfall and stemflow on silver leaf iron back (*Eucalyptus melanophloia*) trees. *Australian Journal of Ecology* 5: 419-427.
- Schaefer, D. A. 1992. Processing of acidic deposition. pp. 445-447. *In*: D. W. Johnson

and S. E. Lindberg (eds.). Atmospheric Deposition and Forest Nutrient Cycling. Springer-Verlag, New York.

- Su, H. J. 1984. Studies on climate and vegetation type of the natural forest in Taiwan (II) Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. Quarterly Journal of Chinese Forestry 17(4): 57-73.
- Ulrich, B. 1983. A concept of forest ecosystem stability and of acid deposition as driving force for destabilization. pp. 1-33. *In*: B. Ulrich and J. Pankrath (eds.). Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystem. D. Reidel Publishing Company, USA.
- Walter, H. 1985. Vegetation of the earth. 3 ed. Springer-Verlag, New York.
- Wang, L. J., H. B. King, Y. J. Hsia, R. B. Harrison, T. C. Lin, J. L. Hwang and C. B. Liou. 1997. Changes in chemistry in hydrological processes of the Fushan experimental forest. Quarterly Journal of Chinese Forest 30(2): 203-215.



## 以排遺分析探討楚南氏山椒魚的食性

# Diet of the Salamander *Hynobius sonani* Analyzed from Its Fecal Pellets

林春富\* 葉大詮 吳和瑾

Chun-Fu Lin\*, Ta-Chuan Yeh and Ho-Chin Wu

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

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

\*通訊作者：spring@tesri.gov.tw

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

## 摘 要

爲了解楚南氏山椒魚的食性，我們從台灣中部的合歡山區收集了 14 個該種山椒魚的排遺。在檢視排遺中的碎片時，依頭部、腹部、螯肢、觸肢器、步足、尾毛、鱗片與翅等的形態特徵確認楚南氏山椒魚的食物項目。結果發現其排遺中共有 2 綱 8 目的節肢動物，其中以昆蟲類的鞘翅目與蜘蛛類的蜘蛛目數量最多。有關楚南氏山椒魚以及同屬其他山椒魚的食性在文中也一併被討論。

## Abstract

In order to examine the diet of the salamander *Hynobius sonani*, a total of 14 fecal drops were collected from the Hehuan Mountain area in the central Taiwan. The prey items in the drops were identified with morphological characters of the fecal fragments, such as heads, abdomens, chelicerae, palpal organs, legs, cerci, scales and wings. The results showed that they were consisted of 2 classes and 8 orders of arthropods, of that insects of Order Coleoptera and spiders of Order Araneae were the most abundant. The diets of *H. sonani* and its congenetic species were also discussed.

**關鍵詞：**楚南氏山椒魚、排遺分析、食性

**Key words :** *Hynobius sonani*, fecal analysis, diet

收件日期：97 年 7 月 23 日

接受日期：97 年 10 月 8 日

Received: July 23, 2008

Accepted: October 8, 2008

## 緒 言

山椒魚科為亞洲所特有，其分布由西伯利亞往西到烏拉爾山，西南面達土耳其斯坦、阿富汗與伊朗，東南面則分布到韓國、日本、中國以及台灣，台灣為該科分布的南界(Sato 1943; Duellman and Trueb 1994)。楚南氏山椒魚 *Hynobius sonani* (Order Caudata, Family Hynobiidae) 屬於台灣特有種兩棲類，體型中等，主要分布於中央山脈海拔 2,500m 以上山區的針葉林或箭竹林的落葉底層。由於山椒魚成體性喜躲藏在倒木或石塊下方，觀察不易，因此對於其生態習性等資料較為稀少。

有關山椒魚科山椒魚屬或稱小鮡屬 (*Hynobius*) 的食性研究目前有：日本的東京山椒魚 (*Hynobius tokyoensis*) 胃內以等足目 (Isopoda) 的氣肢蟲科 (Trachelipidae)、鼠婦科 (Porcellionidae) 兩科生物居多 (Ihara 1998)；而分布於日本名古屋的霞山椒魚 (*Hynobius nebulosus*) 胃內則以寡毛類 (Oligochaeta) 為主 (Ihara and Fujitni 2005)。台灣地區研究山椒魚食性的文獻有杜及呂等 (1982) 於阿里山區發現的山椒魚 (依 Lai and Lue 2008 的分類，該研究物種屬於阿里山山椒魚) 食性以等足目的鼠婦居多；以及陳 (1984) 調查台灣產山椒魚 (依 Lai and Lue 2008 的分類，該研究物種屬於阿里山山椒魚和南湖山椒魚) 的食性以昆蟲綱 (Insecta) 為主。而對於楚南氏山椒魚的食性，目前尚無

相關的研究報導。

過去對於合歡山地區山椒魚的生態學研究也相當稀少，僅有學者對太魯閣國家公園合歡山地區山椒魚的分布、棲息環境、外表形態及其禦敵行為進行研究 (呂等 1989)。本研究選擇合歡山溪樣區內的楚南氏山椒魚，以排遺鑑定的方法，首次進行該種山椒魚的食性分析。

## 材料與方法

採樣範圍位於南投縣仁愛鄉及花蓮縣秀林鄉的交界，海拔高度約 3,000m 的合歡山區。研究樣點為合歡溪至特有生物研究保育中心高海拔試驗站的水源頭處 (120°16'E, 24°11'N)，周遭植被由台灣冷杉與玉山箭竹所共同鑲嵌而成，其間為緩慢流動的水域。本中心於 2000 年進行山椒魚族群波動的調查時，於此區收集到不同體型之楚南氏山椒魚成體，其吻肛長從 5.5-7.2 cm，我們將其帶回試驗站待其排出排遺後，便將牠們放回原處，並將所收集到的排遺烘乾，以利將來的排遺食性分析。調查期間總共收集楚南氏山椒魚排遺 14 個，分析前將排遺浸泡在 75% 的酒精中，再以解剖顯微鏡檢視及鑑定排遺碎片殘骸特徵 (例如：螯肢、觸肢器、步足、尾毛、鱗片與翅等)。每個排遺均檢查其碎片所屬生物之綱、目、科別，並計算其獵物隻次。此外對於其他排遺碎片 (如葉片或細碎的頁岩等)，則粗估其體積占該排遺之總體

積百分比。

### 結果與討論

楚南氏山椒魚的排遺項目中，涵蓋獵物殘骸以及植物與頁岩碎片等，經鑑定共有 2 綱 8 目 69 隻次的節肢動物(表 1)，分別是昆蟲綱之鞘翅目(Coleoptera)、雙翅目(Diptera)、鱗翅目(Lepidoptera)、直翅目(Orthoptera)、革翅目(Dermaptera)、嚙蟲目(Pscoptera)以及蛛形綱(Arachnida)之蜘蛛目(Araneae)、擬蠍目(Pseudoscorpions)。各目中以鞘翅目隻次最多，共有 26 隻次；其次為蜘蛛目 16 隻次，以

及雙翅目 14 隻次；該 3 目共占有所有動物隻次的 81% (排遺中各目動物占有所有發現隻次的百分比參考圖 1a)。

排遺中昆蟲綱共有 52 隻次，在全部 14 個排遺中均有出現，為合歡山地區楚南氏山椒魚主要的食物來源。排遺中以鞘翅目最多，共發現 26 隻次，該目的排遺可再細分為 6 科，分別是步行蟲科(Carabidae)、隱翅蟲科(Staphylinidae)、龍蟲科(Dytiscidae)、象鼻蟲科(Curculionidae)、瑣微蟲科(Corylophidae)及偽金花蟲科(Lagriidae) (排遺中的鞘翅目各科動物占有所有發現隻次的百分比參考圖 1b)，其中以隱翅蟲科(12 隻次)及步行蟲科(8 隻次)的數

表 1. 合歡山地區楚南氏山椒魚排遺碎片分析

Table 1. Fecal fragments analysis of the salamander *Hynobius sonani* in the Hehuan Mountain area

Class	Order	Family	Fragments	Fecal drops														Counts
				#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14	
Insecta	Coleoptera	Carabidae	Wing, head	6					2								8	
		Staphylinidae	Wing, head		2	1	1	1			1	2	2	2			12	
		Dytiscidae	Head								1			1			2	
		Curculionidae	Head													1	1	
		Corylophidae	Whole body						1								1	
		Lagriidae	Wing						1								1	
		Unknown	Thorax													1	1	
	Diptera	Head, wing		1		1	1			2	3	3		3		14		
	Lepidoptera	Scale, hair				1	1	1				1			3	7		
	Orthoptera	Abdomen, wing			1	1		1								3		
Dermaptera	Cercus								1						1			
Pscoptera	Whole body			1											1			
Arachnida	Araneae		Leg, chelicera, palpal organ	1	1	1	1	1		2	2	4		2	1	16		
	Pseudoscorpions		Chelicera											1		1		
Others			Plant	leaf	leaf	leaf		wood	leaf	root				leaf				
			Shale	5%	30%	5%				10%			5%	1%	2%	10%		

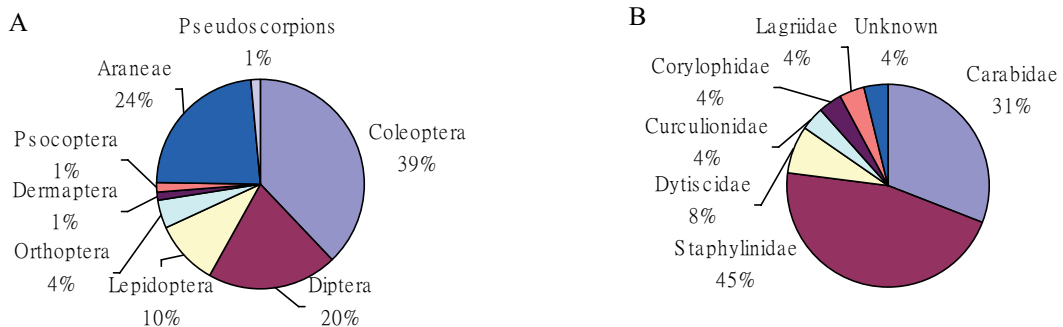


圖 1. 楚南氏山椒魚排遺的分析中，節肢動物各目的隻次百分比(A)；以及鞘翅目中各科動物的隻次百分比(B)。

Fig. 1. Percentage compositions of fragments belonging to different arthropod orders (A) and to different coleopterous families (B) in the feces of *Hynobius sonani*.

量較多；由於此兩科常出現在森林底層及溪流旁的棲地，與山椒魚平時活動棲地相重疊，因此提高被捕食的機率。而排遺中昆蟲綱的其他目，依其發現隻次的多寡，則有雙翅目 14 隻次、鱗翅目 7 隻次、直翅目 3 隻次以及革翅目與嚙蟲目各 1 隻次。在排遺中的蛛形綱裡，則以蜘蛛目的 16 隻次占最大數量。此外，排遺內還發現一些長度 1 mm 以下的昆蟲卵粒，可能為該獵物被捕食時，因擠壓體腔而出現於山椒魚的消化道內。

排遺碎片中也出現了少量的植物碎片(長約 3-10 mm)與頁岩碎片(長約 1-3 mm)。14 個排遺中，有 7 個排遺出現植物碎片，比例占所有排遺數的一半，其形式主要以腐爛的葉片為主，其次為小塊植物根部及木片各一。部分排遺有占該排遺體積 1-30% 的頁岩碎片，我們推測這些植物碎片與頁岩碎片可能為捕食時所誤食。植田 (2003) 曾報導日本東京山椒魚雌性個體會覓食較多的植物碎片。由於我們未將所收集的排遺依雌雄性別分別處理，因此無法了解楚南氏山椒魚的食性是否雌雄有別。

我們也由排遺碎片大小依比例推估部分

獵物原本的體長，其中可分辨且較大的獵物為鞘翅目隱翅蟲科之動物，其推估的體長約 10-14 mm；而最小的獵物為嚙蟲目動物，由於該種未被消化且體型完整，測得體長為 1 mm，顯示楚南氏山椒魚的獵物大小約為 1-14 mm 的節肢動物。杜及呂(1982)所記錄山椒魚(阿里山山椒魚)的食性有昆蟲綱鞘翅目、直翅目、革翅目、鼠婦、砂礫及植物纖維等；除了鼠婦外，與我們所鑑定的食物種類類似。陳(1984)分析 28 個台灣產山椒魚(阿里山山椒魚和南湖山椒魚)胃含物，發現昆蟲綱中的鞘翅目、雙翅目占所發現各目之最大數量，另外在其胃內也發現有軟體動物(Mollusca)以及環節動物(Annelida)的紀錄。其研究之昆蟲綱食物與本研究的結果類似，所不同的是本研究的排遺中，蛛形綱的蜘蛛目也占相當多的數量；而軟體動物以及環節動物則未在本次的排遺中發現，推測此二者不具外骨骼或肌肉組織易被胃液消化，導致我們在排遺中無法辨識；或者是當地此類生物稀少不易被捕食，也是未發現的可能原因。Sato (1943)也指出山椒魚會捕食水中貝類、淡水小魚及蝌蚪，但在楚南氏山椒魚

的排遺碎片中也同樣未發現此類碎片。

不同棲息環境的山椒魚，可能隨環境中生物相不同而捕食不同的食物種類。楚南氏山椒魚棲息於針葉林或箭竹林的落葉底層，其周遭常有緩慢流動的溪流與潮濕土地。由於該環境中有活動於森林底層之鞘翅目(步行蟲科)、雙翅目與蜘蛛目，以及棲息在溪流邊的隱翅蟲或水中的龍蝨等鞘翅目昆蟲，其棲地與山椒魚重疊，環境中的這些節肢動物便成了山椒魚的主要捕食對象。而分布於日本海拔 300m 以下的東京山椒魚，生活棲地主要為丘陵林地雜木林內之緩流水域或地下湧出水區(Uchiyama *et al.* 2003)，其食性以環境中的甲殼類(鼠婦)為主，其次為唇足綱、昆蟲綱、倍足綱等(Ihara 1998)。而日本的霞山椒魚，因其棲息在低海拔森林內的落葉層或腐植土堆間(Uchiyama *et al.* 2003)，其食物來源則以寡毛類、倍足綱與蛛形綱為主，其次則為甲殼類與唇足綱(Ihara and Fujitni 2005)。雖然山椒魚取食其周遭的生物種類，但也有些山椒魚對於所覓食的獵物體型或數量具有偏好，例如日本的東京山椒魚對某些獵物的體型有不同的偏好(Ihara 1998)。而日本的霞山椒魚，牠們捕食高比例的 Doratodesmidae 動物(屬於倍足綱動物中的一科)，但該種類占棲地土壤動物(soil animals)的比例卻很少(Matsui *et al.* 2003)。而本研究的楚南氏山椒魚對於食物是否也具有偏好，則有待進一步研究。

## 引用文獻

- 呂光洋、張巍薩、林政彥。1989。太魯閣國家公園大合歡山地區山椒魚調查。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 杜銘章、呂光洋。1982。十一種台灣產兩棲類食性研究。省立博物館科學年刊 25: 225-234。
- 陳世煌。1984。台灣產山椒魚之生物學研究。

師大生物所碩士論文。

- 植田健仁。2003。東京山椒魚生態的基礎研究。東邦大學理學部地理生態學研究助成報告。(日文)
- Duellman, W. E. and L. Trueb. 1994. Biology of Amphibians. Johns Hopkins. London.
- Ihara, S. 1998. The food habits of *Hynobius tokyoensis* in broad-leaved forest floor. Edaphologia 60: 1-9. (In Japanese)
- Ihara, S. and T. Fujitni. 2005. Prey items of the salamander *Hynobius nebulosus* in Nagoya and its inferred position in the soil food web. Edaphologia 76: 7-10.
- Lai, J. S. and K. Y. Lue. 2008. Two new *hynobius* (Caudata: Hynobiidae) salamanders from Taiwan. Herpetologica 64(1): 63-80.
- Matsui, K., K. Mochida and M. Nakamura. 2003. Food habit of the Juvenile of the Japanese newt *Cynops pyrrhogaster*. Zoological science 20(7): 855-859.
- Sato, I. 1943. A monograph of tailed batrachians of Japan. Nippon Shuppan-sha, Osaka, Japan. (In Japanese)
- Uchiyama, R., N. Maeda, K. Numata and S. Seki. 2003. A photographic guide; Amphibians and reptiles in Japan. Heibonsha. Tokyo, Japan. (In Japanese)



## 飯島氏銀鮫 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)

### 人工繁養殖及幼苗發育

## Induced Spawning and Larval Development of the Taiwan Gudgeon *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)

賴弘智<sup>1</sup> 熊文俊<sup>1</sup> 林翰揚<sup>1</sup> 施志昫<sup>2,\*</sup>

Hong-Thih Lai<sup>1</sup>, Wen-Chun Hsiung<sup>1</sup>, Han-Yang Lin<sup>1</sup> and Jhy-Yun Shy<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立嘉義大學水生生物科學系 嘉義市學府路 300 號

<sup>2</sup> 國立澎湖科技大學水產養殖系 澎湖縣馬公市六合路 300 號

<sup>1</sup> Department of Aquatic Biosciences, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Aquaculture, National Penghu University, Penghu, Taiwan

\*通訊作者：jyshy@npu.edu.tw

\*Corresponding author: jyshy@npu.edu.tw

### 摘要

飯島氏銀鮫 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 為台灣特有種，僅分布於台灣中北部的後龍溪水系，屬於小型淡水魚類，兼具生態與觀賞價值，由於近年來棲地破壞及環境汙染的問題，使其族群分布範圍與數量減少，已逐漸成為罕見魚種。本研究利用注射土虱魚(*Clarias* sp.)腦下垂體研磨液與促黃體釋放激素類似物(luteinizing hormone-releasing hormone analogue, LRH-A)混合液，進行人工催熟與自然產卵方式，進行繁殖與育苗試驗，以瞭解飯島氏銀鮫之生殖習性與魚苗發育過程，期望逐步建立飯島氏銀鮫之繁殖與幼苗發育的基礎生物學資料，並應用於種原庫的建立及自然環境中之復育。研究結果顯示，飯島氏銀鮫主要將卵產於水生植物的沈水部位，魚卵卵徑平均 1.11 mm，呈透明、光滑、沈性且帶黏性，在水溫 24-26°C 的環境中約產出後 5 hr (5 HAS) 進入原腸期，12 HAS 可觀察到肌節，13-14 HAS 可觀察到心跳與耳石，39-48 HAS 孵化。初孵化魚苗全長平均為 3.4 mm，孵出第 5 天可開始攝食餌料，第 9 天觀察到感覺芽，第 11 天背鰭發育完全，第 15 天臀鰭發育完全，

第 23 天腹鰭發育完全，第 31 天鱗片發育完全，此時與成魚的外表形態類似。

## Abstract

The Taiwan gudgeon *Squalidus ijimae* (Oshima, 1919) is a small native freshwater fish, inhabiting in brooks and small lakes of the North-western Taiwan. Due to environmental deterioration resulted from habitat destruction and water pollution, its population has been gradually declining and becoming rare or extinct in many parts of its original ranges. We induced spawning of the fish in the laboratory with injecting a mixed solution of LRH-A and grounded pituitary glands of walking catfish (*Clarias* sp.), observed its spawning habit, and examined its embryonic and larval developments at water temperatures of 24-26°C. The fertilized eggs had an average diameter of 1.11 mm. They developed to the stages of gastrula at about 5 HAS (hours after spawning), and of embryos with myotomes at about 12 HAS and with heart beats and otoliths at 13-14 HAS. The larvae were hatched at 39-48 HAS. Newly hatched yolk-sac larvae had total lengths at an average of 3.4 mm. The larvae started feeding on 5 DAH (days after hatching), and developed sensory buds on 9 DAH, dorsal fin on 11 DAH, anal fin on 15 DAH, pelvic fins on 23 DAH, and scales on 31 DAH.

**關鍵詞：**飯島氏銀鮡、人工繁殖、胚胎發育、魚苗發育

**Key words :** *Squalidus ijimae*, induced spawning, embryonic development, larval development

收件日期：97 年 4 月 30 日

接受日期：97 年 9 月 5 日

Received: April 30, 2008

Accepted: September 5, 2008

## 緒 言

飯島氏銀鮡 *Squalidus ijimae* (Oshima, 1919) 屬 鯉 形 目 (Cypriniformes)、鯉 科 (Cyprinidae)、鮡 亞 科 (Gobioninae)，早期多稱為飯島氏麻魚、飯島氏頷鬚鮡、台灣頷鬚鮡、車栓子，英文名則為 Taiwan gudgeon (陳及于 1986；沈 1993；陳及方 1999；陳及張 2005)。

飯島氏銀鮡主要棲息於流速低的溪流或潭區內。鰭式及鱗列特徵為背鰭 3, 7；臀鰭 2, 6；胸鰭 16；腹鰭 7；咽頭齒 5.3-3.5；側線鱗

33-35。魚體延長，側扁，腹部圓。頭中大，頭頂稍隆起。吻端尖。眼頗大，上位。口斜裂而開於吻端，上頷長於下頷。唇薄。有 1 對鬚，其長度約為眼徑的一半。體被中大型的圓鱗。側線完全，沿體側中央而延伸至尾柄中部。胸鰭末端幾乎可達腹鰭基部。臀鰭以前方鰭條為最長。體背側呈灰褐色，頭背部為灰黑色，腹部白色。沿體側側線附近有一條不甚明顯的黑色縱帶，帶有金色光澤，每一個鱗片上均具有黑點。背鰭鰭條亦具黑色點。尾鰭微黑色，有黑色點 (曾 1986；沈 1993；陳及方 1999；陳

及張 2005)。游動與食性皆偏向水域中、下層(約 0.7-3.0m)，喜棲息在水質條件為 pH 7.8-8.5、DO > 75%、濁度(0-80 NTU) 及流速較慢(<40 cm·s<sup>-1</sup>) 的水域中 (Chen 2008)。飯島氏銀鮡喜歡在接近水底處翻攪砂礫或水生植物，以藏身其間之小型水生昆蟲、蝦類或有機碎屑為食，喜好成群活動。

飯島氏銀鮡為台灣特有魚種 (陳及方 1999)，且頗為罕見，目前較大族群僅發現於苗栗縣後龍溪上游流域，如大湖溪等水域 (Chen and Chang 2007)，但目前由於棲地受到破壞、違法電魚、水壩的建造及外來種入侵之故，已成為罕見種類 (Chen 2008)。往年由於此種魚於每年 3-4 月起，南風颳起且氣候開始變暖時，便會大量出現，故苗栗當地居民稱之為「南風」魚，並常於此時設置籠具捕捉食用。由於目前對飯島氏銀鮡的研究多僅局限於分類及演化探討，較缺乏生態或生殖習性的研究，因此本研究進行飯島氏銀鮡人工繁殖、孵化與育苗等實驗，並探討其成長模式，期望能建立飯島氏銀鮡的基礎生物學，為復育及種原保存建立基礎資料。

## 材料與方法

飯島氏銀鮡採集地點為苗栗縣後龍溪上游的大湖溪水域(120°52'28"E， 24°26'33"N)，同時使用竿釣與籠具進行採集，自 2003 年 2 月至 4 月間，共採集 2 次，計採獲健康種魚 20 餘尾，採得之種魚置於充氧的活魚袋中，並於 6-7 hr 內運送回實驗室馴養。種魚馴養於玻璃水族箱中，並觀察其棲息、活動與攝食等習性。蓄養水質條件為水溫 25-26°C，pH 6-8，每天光照 12 hr。飯島氏銀鮡在馴養約 2-3 個月後，由外觀可觀察到母魚腹部有顯著之膨脹現象，雄魚頭部長出追星 (nuptial tubercle)，且輕壓腹部有白色精液流出，此時即開始進行人

工繁殖試驗。

進行人工繁殖試驗時，挑選成熟雌雄種魚各 10 隻，進行 2 劑注射催產，催產注射前以 300 ppm 的二苯氧基乙醇 (2-phenoxyethanol) 進行麻醉。注射時間第一劑為 7:00 注射，第二劑為 13:00 注射，注射液為土虱魚 (*Clarias* sp.) 的腦下垂體研磨液和促黃體釋放激素類似物 (luteinizing hormone-releasing hormone analogue, LRH-A) 混合液。平均每尾種魚每次注射劑量為腦下垂體研磨液 10 µg/g，LRH-A 為 0.2 µg/g (劉及何 1992)，經過第 2 次注射的種魚，隨後移至 90L 產卵桶中待產。

產卵桶底部放置石塊與瓦片，此外，也置入本實驗室附近水邊所採的陸生密毛小毛蕨 (*Cyclosurus parasiticus* (L.) Farw) 葉片、塑膠繩與浮水性植物大萍 (*Pistia stratiotes*)，供飯島氏銀鮡產卵，以觀察其產卵嗜性。產卵桶四周用黑布包覆，以防止種魚受到驚嚇。產卵後，將種魚移出產卵桶，留下受精卵進行卵發育階段之觀察。除以萬能投影機 (Topcon Profile Projector VP-300) 測量卵徑外，同時也拍照並記錄胚胎發育之變化，另計算魚卵發育之積溫值 (cumulative temperature) (Handeland *et al.* 2004)。孵化後之魚苗蓄養於室內，水溫保持平均 26°C，並於魚苗開始攝食時，每日於日間餵食魚苗飼料 5 次，約每隔 3 hr 餵食 1 次。每日取樣 3-5 尾測量全長與體高，若有顯著發育階段變化與特徵形成，則拍照並記錄，並將魚苗標本浸泡於 3.5% 中性福馬林 (formalin) 中保存。

為了探討飯島氏銀鮡魚苗在本研究期間的成長模式，本研究以直線迴歸模式 (linear regression)、成長模式 (growth curve) (Geisser 1980) 與常用的魚苗 Gompertz 成長模式 (Ricker 1979; Britton and Harper 2008) 進行模式統計推算與比較。

## 結 果

### 一、產卵習性與產卵數

經過催產注射的飯島氏銀鮰，在第 2 劑注射後約 6-7 hr 即發現開始追尾與產卵，經計數後發現共產下約 300 餘顆卵，產卵位置多數集中蕨類葉片上，由此推測其產卵位置可能喜好在水生植物上。此外，在產卵桶底部的石塊與瓦片也發現有部分受精卵，應是未能即時黏附於蕨類葉片上而沈降至水底。黏附於蕨類葉片上的卵粒多能正常發育，而掉落至底部者，可能因為受到沈積物覆蓋的影響，多有發黴現象以致於孵化比例相當低。

### 二、魚卵特徵

飯島氏銀鮰的魚卵為圓形，卵徑平均 1.11 mm，為透明的沈性帶黏性卵，表面光滑，幾近於全透明，無色素，也未觀察到油球 (oil globule)，產出後開始分裂發育 (圖 1A)。

### 三、魚卵發育

5-6 HAS (hours after spawning) 觀察時發現大部分受精卵已經進入原腸期 (gastrula stage)，在產卵後 11-12 HAS，已可觀察到肌節和眼點，13-14 HAS 可觀察到明顯的心臟跳動，耳石也已經出現，39-48 HAS 魚苗多已孵出 (表 1)。其孵化積溫值為 41-52 degree-days。

### 四、魚苗孵化與發育

剛孵出的飯島氏銀鮰魚苗幾近於全透明，無色素點，體長平均 3.4 mm，卵黃囊相當大，其前端可達頭部 (圖 1B)。眼部在頭部前端偏下側，耳石位於卵黃囊上側。剛孵出之魚苗多靜止黏附於水草、桶壁與底部，但若受刺激，則可進行短暫移位。

孵出後 1 天 (1 DAH, Days after hatching) 的魚苗，色素點增多，眼部可轉動，卵黃囊顯著縮小，口部尚未發育完全，囊部前端後縮至

頭部耳石位置的後方，已可觀察到鰓弧出現。

2 DAH 的魚苗，色素點持續增加，因而可觀察到體色加深，鰾雛形出現，已可觀察到胸鰭。卵黃囊較前一天更小，消化道逐漸發育，且並未觀察到消化道有食物的跡象。此階段仍然附著於周邊的物體上。

5 DAH 的魚苗卵黃囊已完全吸收，開始游動，且已經可以開始攝食微細餌料；尾鰭開始發育。

9 DAH 的魚苗可觀察到全身體表發育出感覺芽 (sensory bud)，芽上有毛 (圖 1C, 1D) (Dijkgraaf 1962；孟等 1987；落 1987)，以頭部最為明顯；背鰭褶開始出現分化，尾鰭條出現。

11 DAH 的魚苗脊椎末端逐漸上揚，尾鰭開始出現分岔，背鰭發育完全，臀鰭褶出現，鰾明顯的發育成兩室。

15 DAH 的魚苗尾鰭分岔明顯且完全，背鰭與尾鰭上有色素斑，腹鰭芽出現。

16 DAH 的魚苗位於尾鰭基點的黑點消失，背鰭、尾鰭上的色素斑有逐漸消失的現象。

21 DAH 的魚苗腹鰭發育完全。

27 DAH 的魚苗已經觀察到開始長出的鱗片 (圖 1E)。

30 DAH 的魚苗，已可清楚觀察到魚鱗。

飯島氏銀鮰魚苗發育過程全長與主要特徵如表 2。

### 五、成長模式

飯島氏銀鮰魚苗成長之體全長與時間變化如圖 2，此處 TL 代表魚體長 (total length, mm)、 $t$  為成長天數 (days)，其成長曲線分別配適不同的模式，其結果如下：

(a) 直線迴歸模式：

$$TL = 2.45 + 0.49 \times t$$

其中魚苗的成長速率為 0.49 mm/day，其配適直線迴歸模式的 Adjusted  $R^2$  值為 0.89，Residuals 為 181.29。

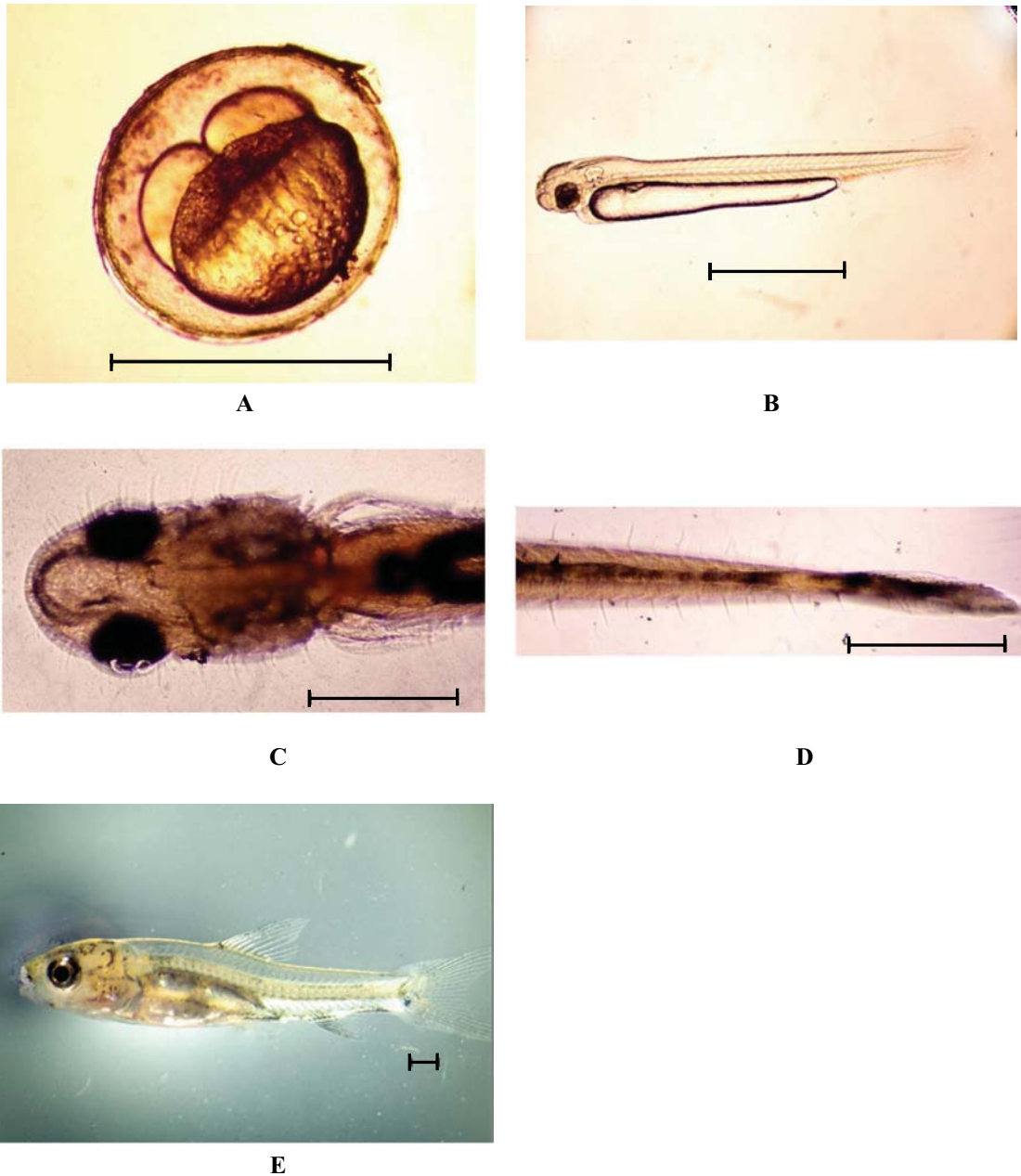


圖 1. 飯島氏銀鮡 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919): A, 開始卵裂發育的受精卵; B, 剛孵出的魚苗; 孵出 9 天的魚苗可觀察到頭部(C)與尾部(D)的感覺芽; E, 孵出 27 天的魚苗, 已經可以觀察到鱗片的發育。(比例尺= 1 mm)

Fig. 1. *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919): A, embryo beginning to cleavage; B, newly hatched larva; larva on 9 DAH with sensory buds on head (C) and tail (D); E, larva on 27 DAH with scales clearly observable. (Scale = 1 mm)

表 1. 飯島氏銀鮫 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 受精卵胚胎發育過程Table 1. The embryonic development of *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)

Hours after spawning (HAS)	Developmental stages
4	Morula stage
5	Blastula stage
6	Gastrula stage
8	Endosperm seal time
12	Myotomes observable
13-14	Heart beats, otolith observed
39-48	Larvae hatched

表 2. 飯島氏銀鮫 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 魚苗發育過程Table 2. The larval development of *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)

Days after hatching (DAH)	Average total length <sup>1/</sup> (mm)	Developmental stages
0	3.4±0.0	Otolith observed, head occupied mainly by eyes
1	3.9±0.1	Pectoral fins developed
2	4.1±0.4	Swimming bladder observed
5	4.4±0.2	Esophagus observed, feeding started, tail fin emerged
9	6.1±0.7	Dorsal fin and sensory buds emerged
11	7.5±1.3	Swimming bladder developed to two sections, dorsal fin well developed, anal fin emerged
15	9.1±0.7	Pelvic fins emerged, anal fin well developed
23	10.8±3.4	Pelvic fins developed
27	16.5±3.8	Scales clearly observable
31	18.7±1.2	Scales well developed

<sup>1/</sup> Average sample sizes of 3-5 fishes larva for each of the developmental stages.

(b) 成長曲線模式：

$$TL = \exp(1.31 + 0.06 \times t)$$

其中魚苗的成長速率為  $0.06 \times \exp(1.31 + 0.06 \times t)$ ，其配適成長曲線模式的 Adjusted  $R^2$  值為 0.90，Residuals 為 1.31。

(c) Gompertz 成長模式 (Ricker 1979)：

$$TL = 3.43 \exp \{2.78 \times [1 - \exp(-0.0298 \times t)]\}$$

其中魚苗的成長速率為  $0.28 \times \exp(-0.0298 \times t) \times \exp \{2.78 \times [1 - \exp(-0.0298 \times t)]\}$ ，其配適成長曲線模式的 Adjusted  $R^2$  值為 0.89，Residuals 為 9.67。

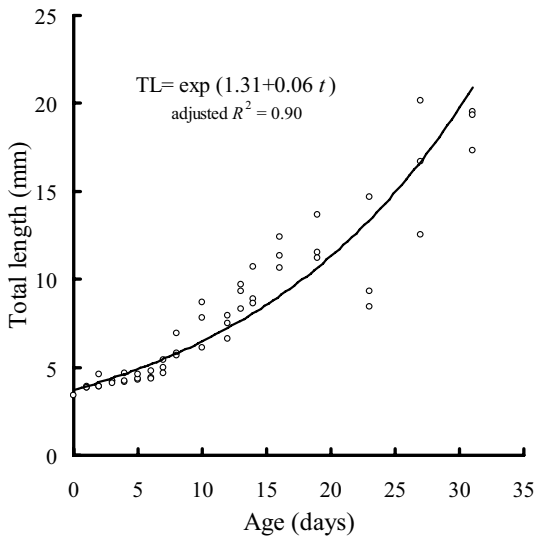


圖 2. 飯島氏銀鮡 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 的魚苗成長曲線模式。

Fig. 2. Growth of the larvae of *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) after hatching.

## 討 論

在飯島氏銀鮡種魚蓄養過程中，可觀察到其食性與繁殖過程等數項特徵，其中在食性方面，經餵食各類餌料的攝食結果比較，發現本魚種的食性為雜食偏肉食性。多棲息在水域底層，喜成群游動，即使追星等第二性徵已經出現，仍未有明顯的領域性行為。在種魚性別鑑別上，雄魚在性成熟時頭部會長出細小追星，但無明顯婚姻色，雌魚性成熟時，外觀上可見到其腹部圓漲 (陳及張 2005)。

在飯島氏銀鮡產卵過程中，也發現一些與小型鯉科魚類常見的產卵習性，如本魚種在產卵時，雌、雄會先追逐後同時靠近水生植物，然後將卵直接產於沈水性水生植物的直立部分或浮水性植物的根系，僅有少部分可能因未能即時黏附於水生植物而沈降於底部，並附著在底部的石塊或產卵桶的底部。在產卵數量方

面，本研究中計採獲 350-400 顆受精卵，雖然無法明確得知每隻雌魚的產卵數，但與大型鯉科魚類比較，其產卵數並不多。另外，產卵後經解剖的雌魚體內卵巢可發現許多不同發育階段之卵原細胞，推測飯島氏銀鮡有可能以多次產卵方式進行繁殖。

本魚種的受精卵特徵與一般溪流小型魚類似，為圓形的沈性帶黏性卵，幾近於全透明，無色素，也無油球。受精卵卵徑平均為 1.11 mm，與本地一般原生性小型鯉科魚類的卵徑也大致上相近，例如與其棲息環境和體型大小均相近的台灣副細鯽 *Pararasbora moltrechti* Regan, 1908、條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 與台灣梅氏鰱 *Matzia formosae* (Oshima, 1920) 等魚類，其受精卵卵徑也大都介於 1.1-1.2 mm (賴等 2003; 賴等 2006; 賴等 2008)，但同屬溪流魚類但體型較大的 *Zacco* 屬魚類，卵徑則介於 1.6-2.2 mm，較飯島氏銀鮡大 (Sado and Kimura 2002)。

飯島氏銀鮡在水溫約 26°C 時，孵化積溫值平均約為 47 degree-days，與另外 3 種小型原生溪流魚類比較，條紋小鯽受精卵在水溫約 27°C 時，孵化積溫值約為 23 degree-days (賴等 2008)；台灣副細鯽的受精卵在 26°C 時，孵化時間大約為 25 hr (賴等 2003)，積溫值約為 27 degree-days；台灣梅氏鰱受精卵於水溫 26°C 的環境中約 24 hr 孵化 (賴等 2006)，積溫值約為 26 degree-days。比較結果可知，飯島氏銀鮡孵化積溫值約為另外 3 種小型魚類的 1.9-2.2 倍 (Chapman 2006)，同屬溪流魚類但體型較大的 *Zacco* 屬魚類，在水溫約 26°C 時，受精卵孵化積溫值則介於 40.9-62.3 degree-days 之間 (Sado and Kimura 2002)。推測孵化時間相異的原因，除了水溫等環境因素稍有影響之外，主要應是這些魚類的生殖習性差異所導致，Nunn *et al.* (2007) 曾提出在流量變化大或流速快的河川中，流量 (river discharge) 將會是影響孵化的主要因子，但在流量大而穩定的河川中，孵

化則較容易被其他因子(如水溫)所影響。由於台灣河川屬於流量變化大的型態，上述本地數種小型魚類更多棲息於溪流中上游或連通水域，且有溯溪產卵習性，而且產卵時間集中在春季與夏季等水位與水流量受雨量影響變化顯著的季節，因此縮短受精卵孵化的時間，可能有助於魚苗在水量變小或乾涸前進行小規模遷移，進而提升其生存率，但飯島氏銀鮡受精卵孵化積溫值與一般體型較大的溪流魚類較接近，而與上述 3 種小型魚類差異較大，因此推測其較適合的繁殖水域可能在水量較穩定之水域。

剛孵化的飯島氏銀鮡魚苗平均體全長約為 3.4 mm，稍低於台灣梅氏鰱 (3.8 mm) (賴等 2006) 與條紋小鰻魚苗 (3.5 mm) (賴等 2008)，稍高於台灣副細鰻魚苗 (3.0 mm) (賴等 2003)，但遠小於同屬溪流魚類 *Zacco* 屬的魚苗 (4.4-5.3 mm) (Sado and Kimura 2002)。5 DAH 的飯島氏銀鮡 (4.2 mm TL) 卵黃囊已吸收，且已經開始游動攝食餌料，此發育時間較上述小型魚類緩慢，如條紋小鰻、台灣副細鰻與台灣梅氏鰱魚苗在 3-4 DAH 時，卵黃囊已吸收，且已經開始攝食，魚苗全長則分別為 5.1、4.9 與 4.7 mm (賴等 2003；賴等 2006；賴等 2008)，但 *Z. temminckii* 卵黃囊完全吸收時的體長已達到 7.3-8.8 mm (Sado and Kimura 2002)。發育過程中，2 DAH 的飯島氏銀鮡可觀察到鰾開始發育，也較條紋小鰻、台灣副細鰻與鯉魚等魚苗在 1-1.5 DAH 即可觀察到鰾的發育速度慢 (van Snik *et al.* 1997；賴等 2003；賴等 2008)。飯島氏銀鮡魚苗在 2-6 DAH 之間有成長較為遲緩的現象，許多鯉科魚類的魚苗成長發育也會有類似現象 (van Snik *et al.* 1997；Osse and Boogaart 1999)，原因可能是因為鯉科魚苗在此時正值開始攝食、游動方式改變 (鰾發育) 與開始鰾呼吸的階段 (van Snik *et al.* 1997)，通常在人工育苗的過程中，此階段為魚苗死亡率最高的一個階段。

飯島氏銀鮡魚苗在本研究期間平均每天體長增加速率為 0.49 mm/day (3.4-18.7 mm TL)，此成長速率的結果與直線迴歸模式的成長速率是一致的，但魚苗的成長過程較常用成長模式來配適 (Geisser 1980)；此處分別比較 3 種不同模式，其中以 (b) 成長曲線模式的 adjusted  $R^2$  最高，而且 residuals 最低。若套用 (a) 直線迴歸模式或 (c) Gompertz 成長模式，則 adjusted  $R^2$  會比一般的成長曲線的 adjusted  $R^2$  稍低，而且 residuals 也會明顯增加。因此飯島氏銀鮡魚苗自孵化至鱗片長出的階段較符合一般常用的成長曲線模式。

本研究發現，飯島氏銀鮡的成魚屬雜食性且偏底食性，飼養容易，對水質並無特別需求。其繁殖環境與過程也與多數小型溪流魚類類似，主要也是需要水生植物來黏附受精卵，並讓孵化後的仔魚有黏附、躲藏與遮蔽的場所。其受精卵一旦黏附到底部石塊上，孵化率便會降低。目前苗栗大湖溪因為天然災害或溪流整治之故，造成河床水生植物減少，推論此棲地破壞結果應該是造成飯島氏銀鮡數量近年來在原棲地逐漸減少的主因之一。因此未來若需進行飯島氏銀鮡復育規劃與棲地營造時，棲地的水生植物相建立與維持，應是此魚種可自然繁殖成功關鍵因素之一。

## 謝 誌

本研究感謝農委會漁業署經費上之補助 (91 農科-2.1.5-漁-F1)，張詠青醫師在採集與資料提供上的協助，潘宏裕教授在統計分析上的協助，以及吳純宏、王俊仁、吳育甄於實驗過程中協助飼養與記錄，在此一併致謝。

## 引用文獻

沈世傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學動物學系。台北，台灣。

- 孟慶聞、蘇錦祥、李婉端。1987。魚類比較解剖。科學出版社。北京，中國。
- 陳兼善、于名振。1986。台灣脊椎動物誌(上冊)。台灣商務印書館。台北，台灣。
- 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，台灣。
- 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，台灣。
- 曾晴賢。1986。台灣淡水魚類。台灣省政府教育廳。
- 落合明。1987。魚類解剖學。綠書房。東京，日本。(in Japanese)
- 劉健康、何碧梧。1992。中國淡水魚養殖學(第三版)。科學出版社。北京，中國。
- 賴弘智、王俊仁、吳純宏、施志昀。2003。台灣副細鯽 (*Pararasbora moltrechti* Regan) 之人工繁殖研究。中華生質能源學會會誌 22: 123-128。
- 賴弘智、翁紹儒、張瑞宗、蔡澄崇、施志昀。2008。條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 人工繁養殖及幼苗發育。特有生物研究 10 (1): 35-44。
- 賴弘智、張瑞宗、施志昀。2006。台灣細鯿 *Rasbora formosae* (Oshima, 1920) 之人工繁殖及幼苗發育研究。特有生物研究 8 (2): 23-39。
- Britton, J. R. and D. M. Harper. 2008. Juvenile growth of two tilapia species in lakes Naivasha and Baringo, Kenya. Ecology of Freshwater Fish 17(3): 481-498.
- Chapman, D. C. (ed.). 2006. Early Development of Four Cyprinids Native to the Yangtze River, China. US. Geological Survey, Reston, Virginia, USA.
- Chen, I. S. 2008. Threatened fishes of the world: *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) (Cyprinidae). Environmental Biology of Fishes 10.1007/s10641-008-9355-5.
- Chen, I. S. and Y. C. Chang. 2007. Taxonomic revision and mitochondrial sequence evolution of the Cyprinid genus *Squalidus* (Teleostei: Cyprinidae) in Taiwan with description of a new species. The Raffles Bulletin of Zoology 14: 69-76.
- Dijkgraaf, S. 1962. The functioning and significance of the lateral-line organs. Biological Reviews 38: 51-105.
- Geisser, S. 1980. Growth curve analysis. pp. 89-115. In: P. R. Krishnaiah (ed.). Handbook of statistics. North-Holland, Amsterdam, Netherlands.
- Handeland, S. O., E. Wilkinson, B. Sveinsbo, S. D. McCormick and S. O. Stefansson. 2004. Temperature influence on the development and loss of seawater tolerance in two fast-growing strains of Atlantic salmon. Aquaculture 233: 513-529.
- Nunn, A. D., J. P. Harvey, J. R. Britton, P. A. Frear and I. G. Cowx. 2007. Fish, climate and the Gulf Stream: The influence of abiotic factors on the recruitment success of cyprinid fishes in lowland rivers. Freshwater Biology 52: 1576-1586.
- Oshima, M. 1919. Contributions to the study of the freshwater fishes of the Island of Formosa. Annals of Carnegie Museum 12: 169-328.
- Osse, J. W. M. and J. G. M. Boogaart. 1999. Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation. Journal of Fish Biology 55: 156-174.
- Ricker, W. E. 1979. Growth rates and models. pp. 677-744. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J.

- R. Brett (eds.). Fish physiology vol. III, bioenergetics and growth. Academic Press, London.
- Sado, T. and S. Kimura. 2002. Descriptive morphology of the eggs, larvae, and juveniles of two cyprinid fishes belonging to the *Zacco temminckii* species' group. Ichthyological Research 49: 245-252.
- van Snik, G. M. J., J. G. M. van den Boogaart and J. W. M. Osse. 1997. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. Journal of Fish Biology 50: 1339-1352.

大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann,  
1902) 人工繁養殖及幼苗發育

Induced Spawning and Larval Development of the  
Large-scale Lesser Bream *Metzia mesembrina*  
(Jordan & Evermann, 1902)

賴弘智<sup>1</sup> 陳昱翔<sup>1</sup> 林翰揚<sup>1</sup> 潘宏裕<sup>2</sup> 施志昀<sup>3,\*</sup>

Hong-Thih Lai<sup>1</sup>, Yu-Siang Chen<sup>1</sup>, Han-Yang Lin<sup>1</sup>,  
Hung-Yu Pan<sup>2</sup> and Jhy-Yun Shy<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立嘉義大學水生生物科學系 嘉義市學府路 300 號

<sup>2</sup> 國立嘉義大學應用數學系 嘉義市學府路 300 號

<sup>3</sup> 國立澎湖科技大學水產養殖學系 澎湖縣馬公市六合路 300 號

<sup>1</sup>Department of Aquatic Biosciences, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

<sup>2</sup>Department of Applied Mathematics, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

<sup>3</sup>Department of Aquaculture, National Penghu University, Penghu, Taiwan

\*通訊作者：jyshy@npu.edu.tw

\*Corresponding author: jyshy@npu.edu.tw

## 摘 要

大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902)，過去在台灣各地會有不同之採集紀錄，然近數十年來僅在金門地區發現極少量野生族群，因此其復育必須儘快進行。本實驗利用人工催熟與自然產卵方式，進行繁殖與育苗試驗，以瞭解大鱗梅氏鰱之生殖習性、受精卵與魚苗發育過程，期望逐步建立大鱗梅氏鰱之繁殖與幼苗發育的基礎生物學資料，做為基礎生物學資料應用、種原庫建立或自然環境中復育之基礎。大鱗梅氏鰱主要產卵於水生植物或石塊上，魚卵卵徑約 1.3 mm，透明且光滑，沈性且帶黏性，在水溫 22-24°C 的環境中 30-35 hr 孵化，平均積溫值 31.2

degree-days, 初孵化魚苗全長約為 3.4 mm, 孵出後第 3 天可開始攝食餌料, 第 4 天觀察到感覺芽, 第 7 天已觀察到背鰭與臀鰭逐漸發育, 第 17 天腹鰭開始發育, 第 30 天鱗片開始發育, 第 36 天可清楚觀察到鱗片, 此時幼魚外表形態類似於成魚。

## Abstract

The large-scale lesser bream *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902) is a small cyprinid fish native to Taiwan. Due to environmental deterioration resulted from water pollution, habitat destruction and introduction of exotic fishes, its population in Taiwan has been extinct. Only a small population still exists in the Kin-Men Island. For the conservation of this endangered fish, we conducted its induced spawning in the laboratory with injection of a mixed solution of grounded pituitary glands from walking catfish (*Clarias* sp.) and LRH-A. We observed its spawning habit and examined its embryonic and larval developments at water temperatures of 22-24°C. Fertilized eggs had an average diameter of 1.3 mm. Larvae were hatched at 30-35 hours after spawning. Newly hatched yolk-sac larvae had total lengths at an average of 3.4 mm. The larvae started feeding on 3 DAH (days after hatching), sensory buds were observable on 4 DAH, and dorsal and anal fins emerged on 7 DAH, pelvic fins on 17 DAH, and scales on 30 DAH. Scales of larvae were clearly observable on 36 DAH and the appearance was similar to adult.

**關鍵詞：**大鱗梅氏鰱、人工繁殖、胚胎發育、魚苗發育

**Key words :** *Metzia mesembrina*, induced spawning, embryonic development, larval development

收件日期：97 年 7 月 25 日

接受日期：98 年 1 月 8 日

Received: July 25, 2008

Accepted: January 8, 2009

## 緒 言

大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902) 屬鯉形目 (Cypriniformes)、鯉科 (Cyprinidae)、鮎亞科 (Cultrinae), 早期曾發表成不同種名為大鱗細鰱、大鱗麥氏鰱、高木氏黃鰱魚或蘭嶼石鮎, 英文為 large-scale lesser bream (Chen and Fang 2002; 陳及張 2005)。

大鱗梅氏鰱屬於初級性淡水魚種, 主要棲

息於水色稍混之優養化水域, 雜食性, 生活於水生植物生長茂盛之淺水區域, 以小型生物及有機碎屑為食 (陳及張 2005)。魚體延長略高, 頗側扁, 呈土黃色, 體側在側線上方有 6-7 條細小縱紋, 側線完全。成熟魚體無明顯之婚姻色, 但雌魚腹部較為膨大, 是較易辨識之處 (陳及方 1999; 陳及張 2005) (圖 1A)。

大鱗梅氏鰱過去在台灣本島曾有不同之採集紀錄, 但數十年來各地調查未再發現本種

(陳及方 1999; 陳及張 2005), 目前僅在金門地區發現極少量野生族群 (陳及張 2005)。推測是由於台灣本島水域近年來污染狀況較嚴重, 棲地破壞, 加上外來魚種的引進, 使族群銳減, 甚至滅絕。在行政院農業委員會林務局 2008 年對台灣淡水魚類資源與保育的研究中, 已經將大鱗梅氏鰻列入需優先保育的名單中 (曾等 2008)。目前金門的僅存棲地, 也因為開放觀光之故, 造成棲地環境破壞, 僅存的族群數量也急遽減少中。

因此, 大鱗梅氏鰻的生態習性探討與復育實已是需要立刻進行的工作。本研究藉由對大鱗梅氏鰻進行蓄養、人工繁殖、受精卵發育、孵化及育苗等實驗, 探討此魚種的棲息與繁殖習性、魚卵孵化條件與過程、魚苗成長等項目, 期望能為大鱗梅氏鰻生態習性與生殖特性做進一步的瞭解與補充, 建立一完整的種原庫生態資料。

## 材料與方法

本實驗所使用的大鱗梅氏鰻種魚採取自本實驗室蓄養的二齡魚群(採集地為金門縣之金湖鎮), 繁殖實驗時間在 2008 年 2 月, 蓄養的水質條件為 24-27°C, pH 6-8, 每天光照 12 hr。在大鱗梅氏鰻雌魚腹部出現膨大現象, 雄魚體色轉暗後, 即開始進行人工繁殖試驗。

進行人工繁殖試驗時, 挑選成熟種魚 (雄魚 5 隻, 雌魚 9 隻) 共 14 隻, 以 400 ppm 二苯氧基乙醇 (2-phenoxyethanol) 麻醉。麻醉時將種魚放置處理缸中, 逐漸增加麻醉劑含量至水中, 待種魚開始呈現昏暈狀態, 即進行注射催產步驟。

第一針注射時間為該日 13:00, 第二針為 19:00, 注射液為塘虱魚 (*Clarias* sp.) 腦下垂體研磨液和促黃體釋放激素類似物 (luteinizing hormone-releasing hormone analogue, LRH-A) 混合液, 平均每尾種魚每次注射劑量為腦下垂

體研磨液 10  $\mu\text{g/g}$ , LRH-A 為 0.2  $\mu\text{g/g}$ ; 經過第二次注射後的種魚, 隨即放入繁殖桶中待產。

繁殖桶底部放置石塊、瓦片與蕨類植物葉片, 以測試其產卵嗜性。繁殖桶四周以黑布包覆, 避免種魚受外界驚嚇。

產卵後將種魚移出產卵桶, 留下受精卵進行卵發育之觀察, 孵化桶水溫控制在 23°C。除萬能投影機 (Topcon Profile Projector VP-300) 定期觀察測量卵徑外, 同時也拍照並記錄胚胎發育之變化, 並依據所得資料計算魚卵發育之積溫值 (cumulative temperature) (Handeland *et al.* 2004)。

孵化後之魚苗繼續於缸中蓄養, 水溫控制在 24-27°C, pH 6-8, 於 2-3 天後魚苗可攝食時, 則開始於白天投餵魚苗餌料, 以豐年蝦與人工初生魚苗飼料搭配投餵, 每間隔 3 hr 餵食 1 次, 1 天共投餵 5 次, 夜間則停止投餵。

魚苗成長記錄部分, 每日逢機取 3-6 尾魚苗測量全長 (total length), 並觀察外表形態的發育, 若有顯著發育變化與特徵形成, 則拍照記錄, 並將魚苗標本浸泡於 95% 乙醇 (ethanol) 中保存。此外, 為了探討大鱗梅氏鰻魚苗的成長模式, 本研究以直線迴歸模式 (linear regression)、成長模式 (growth curve) (Geisser 1980) 與常用的 Gompertz 魚苗成長模式 (Ricker 1979; Britton and Harper 2008) 進行成長模式統計推算與比較。

## 結果

### 一、種魚習性

種魚飼養過程中, 發現種魚雖為雜食性, 但稍偏藻食性, 尤其嗜食絲藻或水棉等較柔軟性的藻類; 此外, 也發現此魚嗜食水生植物嫩芽。成熟種魚, 除雌魚腹部稍膨大, 雄魚體色稍深外, 並未發現其他明顯之性徵。

## 二、產卵習性與產卵數

經第二次催產注射完，約 4 hr 後可觀察到追尾的現象，其追尾產卵的動作短暫且不明顯，9 hr 後開始產卵，並於 11 hr 後達到產卵最高峰，經計數後發現共產下 500-600 顆卵。產卵多數集中於底部的蕨類葉片或石塊上，少部分沉落於缸底。附著於蕨類葉片及石塊上的卵粒大多數皆已受精繼續發育，而掉落至缸底

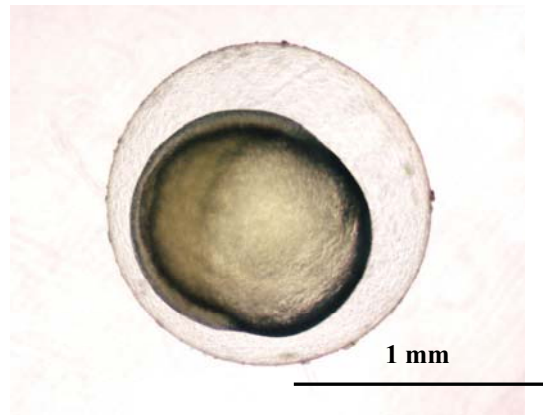
者，多數為未受精卵，呈不透明白濁色，失去黏性，並開始發霉，即使是正常受精卵，也因為被有機物質沉澱覆蓋，造成孵化率降低。

## 三、魚卵特徵

大鱗梅氏鰱的魚卵為圓形，卵徑約 1.3 mm，為透明的沉性帶黏性卵 (圖 1B)。



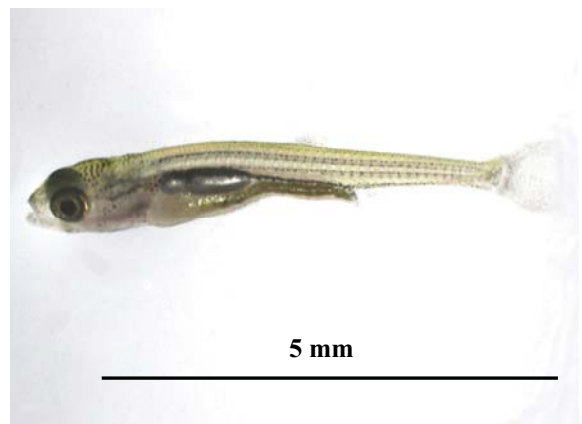
A



B



C



D

**圖 1.** 大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina*: A, 成熟雌魚; B, 受精且開始發育之胚胎; C, 剛孵出之魚苗; D, 孵出 11 天的魚苗。

**Fig. 1.** *Metzia mesembrina*: A, mature female; B, embryo in egg; C, newly hatched larva; D, larva on 11 DAH.

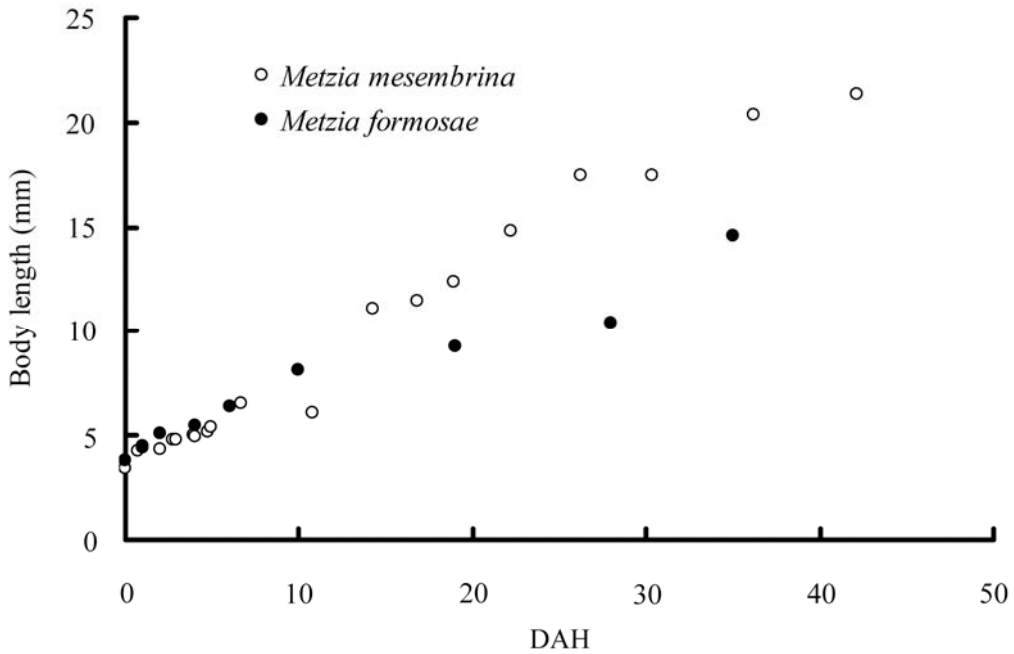


圖2. 大鱗梅氏鰻 (*Metzia mesembrina*) 與台灣梅氏鰻 (*Metzia formosae*) 魚苗成長比較。  
 Fig. 2. A comparison of the larval growth between *Metzia mesembrina* and *Metzia formosae*.

表1. 大鱗梅氏鰻 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902) 受精卵發育過程  
 Table 1. The embryonic development of *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902)

HAS	Development stages
4-5	Morula stage
5-6	Blastula stage
7	Gastrula stage
13	Myotome observable
18	Heart beats, otolith observed
30-35	Larvae hatched

四、魚卵發育

4-5 HAS (hours after spawning) 觀察時，發現大部分受精卵已進入桑椹期。約在 5-6 HAS 進入囊胚期。約在 7 HAS 進入原腸期。

13 HAS 可觀察到肌節。18 HAS 耳石出現並可觀察到心臟跳動。30 HAS 魚苗開始孵出，35 HAS 全部孵出，其孵化積溫值約為 28.8-33.5 degree (°C)-days (表 1)，平均為 31.2 degree-days。

## 五、魚苗孵化與發育

剛孵出的大鱗梅氏鰻魚苗長度約為  $3.4 \pm 0.1$  mm，卵黃囊相當明顯，前端可達頭部，眼部在頭部前端偏下側位置，耳石位於頭後端上部 (圖 1C)。大多數魚苗黏附於缸壁，也有部分魚苗沈落於底部，僅在受到驚擾時，進行微弱且短暫的游動。

孵出後 1 天 (DAH, days after hatching) 的魚苗卵黃囊顯著縮小，頭、背部漸漸出現色素斑，眼部可轉動，且占大部分的頭部，內耳石已清楚可見，口部尚未發育。

2 DAH 的魚苗，卵黃囊持續縮小，色素斑點增多，眼眶並呈現黑色，水晶體逐漸明顯呈現黑圓狀，心臟明顯分區，略可分心室與心房，血球持續增多，流速穩定，尾部鰭條開始發育，口部持續發育。

3 DAH 的魚苗卵黃囊已完全吸收，開始游動覓食，可觀察到明顯的鰓、口部、食道、腸部與胃部，眼部發育完全，鰓與尾鰭出現。

4 DAH 的魚苗，鰓出現，尾鰭持續發育，腹側下緣有感覺芽互生對稱生長，上面有細絲狀毛。

5 DAH 的魚苗胸鰭與鰓部發育完全。

7 DAH 的魚苗，可見背鰭與臀鰭等，頭部有色素斑分布。

11 DAH 的魚苗，觀察到尾鰭、背鰭與臀鰭發育完全，泳鰓發育成兩室 (圖 1D)。

17 DAH 的魚苗，腹鰭開始發育。

22 DAH 的魚苗，腹鰭發育完全，開始進食藻類。

30 DAH 的魚苗，魚鱗開始發育。

36 DAH 的魚鱗發育明顯。

## 六、成長曲線

大鱗梅氏鰻魚苗成長體全長與時間變化如圖 2，TL 代表魚體全長 (total length, mm)、 $t$  為成長天數 (days)，其成長曲線分別配適不同的模式，所得結果如下：

(一)直線迴歸模式：

$$TL = 3.49 + 0.46 \times t$$

其中魚苗的成長速率為 0.46 (mm/day)，其配適直線迴歸模式的 adjusted  $R^2$  值為 0.94。

(二)成長曲線模式：

$$TL = \exp(1.45 + 0.05 \times t)$$

其中魚苗的成長速率為  $0.05 \times \exp(1.31 + 0.05 \times t)$ ，其配適成長曲線模式的 adjusted  $R^2$  值為 0.91。

(三) Gompertz 成長模式 (Ricker 1979)：

$$TL = 3.41 \times \exp[2.07 \times (1 - \exp(-0.053 \times t))] ]$$

其中魚苗的成長速率為  $0.37 \times \exp(-0.53 \times t) \times \exp[2.07 \times (1 - \exp(-0.053 \times t))]$ ，其配適成長曲線模式的 adjusted  $R^2$  值為 0.95。

## 討 論

在大鱗梅氏鰻種魚蓄養期間，可觀察到其食性與繁殖過程等數項特徵，其中在食性方面，經餵食各類餌料的攝食結果比較，發現本種魚的食性為雜食偏藻食，且嗜食水棉、絲藻與水生植物嫩芽，此點是與偏肉食性的台灣梅氏鰻 (*Metzia formosae*) (賴等 2006) 有較大的不同之處。在領域性方面，成熟種魚即使已經出現成熟體色，在蓄養期間仍未發現有明顯領域行為。在種魚性別鑑別上，本種魚主要依靠體色與體型來區別，尚未成熟的魚體色澤不明顯，整體而言，雌雄並不容易區分，也造成最小繁殖體型不易判別。其繁殖環境與過程與多數小型生活於緩水區的溪流魚類相似，主要也是需要水生植物或石塊來黏附受精卵，並讓孵化後的仔魚有黏附、躲藏與遮蔽的場所。其受精卵一旦沈落於底部時，便會因為發霉或被沈積物覆蓋而導致孵化率降低。因此在復育環境的規劃上，石塊、挺水植物或沈水植物的設置是不可或缺的要件。

表2. 大鱗梅氏鰱 *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902) 魚苗發育過程全長與主要特徵  
 Table 2. The larval development of *Metzia mesembrina* (Jordan & Evermann, 1902)

DAH	Total length (mm)	Development stages
0	3.4 ± 0.1	Otolith observed, head with big eyes
1	4.2 ± 0.1	Yolk sac gradually reduced Intestine and stomach observed
3	4.8 ± 0.0	Yolk sac reduced and started feeding Gill appeared Tail fin emerged
4	5.1 ± 0.1	Swimming bladder appeared Sensory buds observed
5	5.4 ± 0.5	Pectoral fin and gill developed
7	5.7 ± 0.2	Dorsal fin and anal fin emerged
11	6. ± 0.9	Tail fin, dorsal fin and anal fin well developed Swimming bladder developed to two sections
17	11.5 ± 1.2	Pelvic fins emerged
22	14.8 ± 1.1	Pelvic fins developed Began to feed on algae
30	17.5 ± 1.6	Scales emerged
36	20.4 ± 5.7	Scales clearly observable

大鱗梅氏鰱的受精卵卵徑約為 1.3 mm，較同屬梅氏鰱類的台灣梅氏鰱(1.1-1.2 mm) 稍大(賴等 2006)，也大於同為鮪亞科但不同屬的鰲條 (*Hemiculter leucisculus*) (0.54-1.23 mm) 與紅鰭原鮪(*Cultrichthys erythropterus*) (0.7-0.9 mm) (湖北省水生生物研究所魚類研究室 1976)。此外，其卵徑也稍大於數種本地原生小型鯉科魚類的卵徑，例如台灣副細鯽 (*Pararasbora moltrechti*) 以及條紋小鰾 (*Puntius semifasciolatus*) 的 1.1 mm (賴等 2003；賴等 2008a) 與飯島氏銀鮡 (*Squalidus ijimae*) 的 1.2 mm (賴等 2008b) 等。而鯽魚 (*Carassius auratus*) 卵徑範圍則約為 1.4-1.7 mm (Kawanabe and Mizuno 1989；劉及何 1992)，體型中等的鯉魚 (*Cyprinus carpio*)，其

卵徑範圍則約為 1.4-2.5 mm (呂 1996)。體型更大的青魚、草魚、白鰱或黑鰱等魚類卵徑從 1.6-1.7 mm (Pan 1990) 到 4-6 mm (劉及何 1992) 等皆有紀錄。由上述比較可推測得知，鯉科不同種的魚類，體型較大者，其卵徑似也有相對較大之傾向。

本魚種與台灣梅氏鰱的受精卵外型特徵相似，同樣為圓形，表面光滑透明，且具黏性的沉性卵，此與多數鮪亞科魚類的受精卵特性相近 (湖北省水生生物研究所魚類研究室 1976；劉及何 1992)。在孵化結果觀察方面，大鱗梅氏鰱的受精卵於水溫約為 23°C 的環境中，約 30-35 hr 孵化，孵化積溫值為 28.8-33.5 degree-days，平均為 31.2 degree-days，稍高於同屬於鯉科的數種原生小型魚類的受精卵平

均孵化積溫值,如台灣梅氏鰱的 26 degree-days (賴等 2006)、台灣副細鯽的 27 degree-days (賴等 2003),與條紋小鰾的 23 degree-days (賴等 2008a)。但本魚種的受精卵平均孵化積溫值則低於飯島氏銀鰱的 47 degree-days (賴等 2009),也低於同為鮎亞科團頭魴 (*Megalobrama amblycephala*)的 40.0-50.0 degree-days 與蒙古紅鮎 (*Culter mongolicus mongolicus*) 的 36.7-44.7 degree-days (湖北省水生生物研究所魚類研究室 1976)。飯島氏銀鰱、團頭魴與蒙古紅鮎等 3 種魚類孵化所需的積溫值明顯較大鱗梅氏鰱高,原因可能是此 3 種魚類的主要棲息地是屬於流量相對穩定的主流水域或湖泊 (賴等 2008b),而大鱗梅氏鰱、台灣副細鯽與條紋小鰾等 3 種魚類的主要棲息地則是水流量變化較大的支流水域,因此可能需要以較短的孵化時間來換取較高的魚苗存活率,因此其孵化積溫值會較低。而台灣梅氏鰱的主棲息地雖然是水量較為穩定的湖泊水域,但因其體型小 (5-7 cm),在生殖策略上可能為了產生較多的後代,因此在有限的孕卵空間下,以較小的卵徑換取較多的卵數,以增加後代存活的機會,而也因為較小的卵徑,因此孵化的時間較短,且孵化積溫值亦較低。

大鱗梅氏鰱魚苗在本研究期間體長增加速率約為 0.47 mm/day,比較大鱗梅氏鰱與台灣梅氏鰱 2 種魚苗的成長速度,雖於初期成長速度相近,但從第 10 天開始,2 種魚苗成長速度則產生顯著差異,從第 10 天開始,大鱗梅氏鰱魚苗成長速度逐漸高過台灣梅氏鰱魚苗,後者魚苗的成長速度僅為 0.23 mm/day。此外,大鱗梅氏鰱魚苗成長速率的結果與直線迴歸模式的成長速率是一致的,但魚苗的成長過程較常用成長模式 (growth curve) 來配適 (Geisser 1980);此處分別比較 3 種不同模式,其中以 (一) 直線迴歸模式或 (三) Gompertz 成長模式的 adjusted  $R^2$  最高。若套用 (二) 成長曲線模式,則 adjusted  $R^2$  會比前

述兩種的成長曲線的 adjusted  $R^2$  稍低一些,但其 residuals 也會比前面兩個模式來得低。因此大鱗梅氏鰱魚苗自孵化至鱗片長出的階段較符合直線迴歸或 Gompertz 等二種成長曲線模式。

本研究發現,大鱗梅氏鰱種魚在飼養過程中,對食物或環境等條件,除雜食偏藻食外,並無特別需求,即使在稍優養化的水環境中亦可生存,在繁殖的環境條件需求上也與一般緩水區的溪流魚類相近,魚苗育成方面則更未表現出需要有特殊的餌料或環境需求,因此此魚種為何會從本島絕跡?真正原因實值得再深入探討。不過推論,棲地破壞可能是造成此魚種數十年來在台灣消失的主因之一,因此未來若需進行大鱗梅氏鰱自然復育或移地復育時,完善棲地環境與水生植物相的建立與維持,應是此魚種復育成功的關鍵因素。

## 謝 誌

本研究感謝張詠青醫生與陳義雄教授在資料提供上的協助,熊文俊教授、張瑞宗、翁紹儒同學於實驗過程中協助飼養、記錄及資料統整,增加本實驗的完整性,在此也一併感謝。

## 引用文獻

- 呂迅。1996。鯉魚精養高產技術問答。科學普及出版社。北京,中國。
- 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,台灣。
- 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,台灣。
- 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保育研究系列

- 96-05 號。台北，台灣。
- 湖北省水生生物研究所魚類研究室。1976。長江魚類。科學出版社。北京，中國。
- 劉健康、何碧梧。1992。中國淡水魚養殖學(第三版)。科學出版社。北京，中國。
- 賴弘智、王俊仁、吳純宏、施志昀。2003。台灣副細鯽 (*Pararasbora moltrechti* Regan) 之人工繁殖研究。中華生質能源學會會誌 22: 123-128。
- 賴弘智、張瑞宗、施志昀。2006。台灣細鯿 *Rasbora formosae* (Oshima, 1920) 之人工繁殖及幼苗發育研究。特有生物研究 8 (2): 23-39。
- 賴弘智、翁紹儒、張瑞宗、蔡澄崇、施志昀。2008a。條紋小鰾 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 人工繁養殖及幼苗發育。特有生物研究 10 (1): 35-44。
- 賴弘智、熊文俊、林翰揚、施志昀。2008b。飯島氏銀魷 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919) 人工繁養殖及幼苗發育。特有生物研究 11(1): 27-36。
- Britton, J. R. and D. M. Harper. 2008. Juvenile growth of two tilapia species in lakes Naivasha and Baringo, Kenya. Ecology of Freshwater Fish 17(3): 481-488.
- Chen, I. S. and L. S. Fang. 2002. A redefinition of a doubtful cyprinid, *Acheilognathus mesembrinum* Jordan and Evermann, 1902, with replacement in the valid genus, *Metzia* Jordan and Richardson, 1914, a senior synonym of the genus *Rasbora* Oshima, 1920. Journal of the Fisheries Society of Taiwan 29(1): 73-78.
- Geisser, S. 1980. Growth curve analysis. pp. 89-115. In: P. R. Krishnaiah (ed.). Handbook of statistics. North-Holland, Amsterdam, Netherlands.
- Handeland, S. O., E. Wilkinson, B. Sveinsbo, S. D. McCormick and S. O. Stefansson. 2004. Temperature influence on the development and loss of seawater tolerance in two fast-growing strains of Atlantic salmon. Aquaculture 233 (1-4): 513-529.
- Kawanabe, H. and N. Mizuno. 1989. Freshwater Fishes of Japan. Yama-Kei Publishers Co., Tokyo, Japan.
- Pan, J. H. 1990. The Freshwater Fishes of Guangdong Province. Guangdong Science and Technology Press, Guangdong, China.
- Ricker, W. E. 1979. Growth rates and models. pp. 677-744. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (eds.). Fish physiology vol. III, bioenergetics and growth. Academic Press, London.



## 台灣玄參科的新歸化植物—睫毛婆婆納

### *Veronica hederifolia* L. (Scrophulariaceae) Newly Naturalized to Taiwan

沈明雅<sup>1</sup> 彭鏡毅<sup>2</sup> 許再文<sup>1,3,\*</sup>

Ming-Ya Shen<sup>1</sup>, Ching-I Peng<sup>2</sup> and Tsai-Wen Hsu<sup>1,3,\*</sup>

<sup>1</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>2</sup>中央研究院生物多樣性研究中心 台北市研究院路二段128號

<sup>3</sup>國立成功大學生命科學系 台南市大學路1號

<sup>1</sup> Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

<sup>2</sup> Research Center for Biodiversity, Academia Sinica, Taipei, Taiwan

<sup>3</sup> Department of Life Sciences, Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan

\*通訊作者: [twhsu@tesri.gov.tw](mailto:twhsu@tesri.gov.tw)

\*Corresponding author: [twhsu@tesri.gov.tw](mailto:twhsu@tesri.gov.tw)

## 摘要

婆婆納屬植物為玄參科的一個屬，台灣已記載有 10 種。本研究報導最近發現歸化於台灣中部地區的睫毛婆婆納(*Veronica hederifolia* L.)。此植物為具有潛在危害的農田雜草，本文提供其分類特徵描述、分布及彩色照片以資辨識。

## Abstract

There were ten species of the genus *Veronica* (Scrophulariaceae) that had been recorded from Taiwan. In our recent plant inventory surveys, we found *Veronica hederifolia* L., a newly naturalized species as a

potentially aggressive weed in the central Taiwan. This paper provides the description with photographs for its identification and a note on its distribution.

**關鍵詞：**歸化植物、玄參科、台灣、分類、睫毛婆婆納

**Key words :** naturalized plant, Scrophulariaceae, Taiwan, Taxonomy, *Veronica hederifolia*

收件日期：97年6月12日

接受日期：97年10月28日

Received: June 12, 2008

Accepted: October 28, 2008

玄參科(Scrophulariaceae)植物廣泛分布於全球各地，部分學者將列當科(Orobanchaceae)併入，使其分類群增至 306 屬 5,850 種之多(Fischer 2004)。台灣植物誌第二版將玄參科與列當科分開，記載的玄參科有 25 屬 68 種 1 變種、1 雜交種及 1 未確定種(Liu 1998)。第二版台灣植物誌出版之後的台灣相關分類研究有碎雪草屬(*Euphrasia*) (Wu and Huang 2004; Wu *et al.* 2005)、過長沙舅屬(*Mecardonia*) (Chen and Wu 2001)、通泉草屬(*Mazus*) (Hsieh 2000)與倒地蜈蚣屬(*Torenia*) (Hsieh and Yang 2002)等。

婆婆納屬(*Veronica*)植物在全球約有 250 種(Hong *et al.* 1998; Fisher 2004)，分布於北半球及熱帶的山地。台灣植物誌第二版記載了 10 種(Huang and Huang 1998)。本文報導過去未曾記錄、最近發現歸化於台灣中部地區的睫毛婆婆納(*Veronica hederifolia* L.)。

## 分類處理

*Veronica hederifolia* L., Sp. Pl. 1: 13. 1753.

睫毛婆婆納 Fig.1.

匍匐性草本植物。子葉兩枚，對生，橢圓形，長 10-15 mm，寬 6-8 mm，兩面光滑，先

端圓鈍，稍凹，頂有點狀凸起，三出脈，脈中肋表面凹，背面平，全緣。莖圓柱形，徑 0.8-1.6 mm，葉下延之稜上疏生毛。葉互生，不具托葉，葉柄長 4-9 mm，疏生直立長毛，毛長 1.3-2.5 mm；葉半圓形，長約 1 cm，寬 1-1.5 cm，先端鈍，基部圓鈍，兩面被毛，葉緣 5 淺裂，裂片全緣；脈 5 出，表面凹，背面平，其他小脈不明顯。單花腋生，花梗長約 1 mm，散生毛。花萼綠色，4 深裂，基部合生，裂片三角形，長約 1.2 mm，寬約 0.7 mm，基部鈍，先端銳，邊緣具長毛，毛長約 0.5 mm，其餘光滑；花被片先端 4 裂，光滑，基部合生；雄蕊 2 枚，著生於其中 1 裂片兩側，花絲白色，花藥箭形，基底著生，縱裂；子房上位，2 室，球形，綠色，光滑，花柱長約 0.4 mm，光滑，柱頭點狀；中軸胎座，胚珠每室 2 枚。果梗長 0.6-1.1 cm，近莖面有毛，果扁心型，徑 3-4 mm，光滑，由宿存之花萼增大包住，宿存花萼裂片三角形，長 4-4.5 mm，寬約 4-4.5 mm，基部略呈心形，先端銳，邊緣明顯具長毛；種子白色，1-3 粒(每室 1-2 粒)，腎形，長徑約 2.9 mm，短徑約 2.3 mm，光滑，種阜具多條橫紋，種臍明顯內凹。

**引證標本：**台灣(TAIWAN)：台中縣(Taichung County)：和平鄉(Hoping)，梨山



圖1. 睫毛婆婆納 A, 枝條； B, 果； C, 宿存子葉。

Fig. 1. *Veronica hederifolia* L. A, branch; B, fruit; C, persistent cotyledon.

(Lishan), 9 April 2008, *Shen* 4762 (TAIE).

台灣已記錄的婆婆納屬植物有 10 種 (Huang and Huang 1998), 其中 4 種與睫毛婆婆納相似: 莖先端之葉片互生, 花序為單花腋生, 分別為直立婆婆納(*Veronica arvensis*)、毛蟲婆婆納(*V. peregrina*)、阿拉伯婆婆納(*V. persica*)及婆婆納(*V. didyma*); 但睫毛婆婆納的花萼光滑, 邊緣具明顯長毛, 且成熟植株基部子葉宿存, 明顯可與這些種類區別。

睫毛婆婆納又稱為常春藤葉婆婆納, 原產歐洲、西亞和北非等地中海沿岸國家, 是當地極為重要的麥田雜草(Guo and Liu 2001), 日本早在 19 世紀就有紀錄(Shimizu 2003), 中國大陸亦於近年歸化, 據報導其為具有潛在危害的農田雜草(Guo and Liu 2001); 台灣目前僅發現於中高海拔(約 2,300m)的梨山地區, 為局部性的優勢雜草。

## 謝 誌

本研究由行政院農業委員會與國家科學委員會提供經費補助。

## 引用文獻

- Chen, S. H. and M. J. Wu. 2001. Notes on two newly naturalized plants in Taiwan. *Taiwania* 46(1): 85-92.
- Fisher, E. 2004. Scrophulariaceae. *In*: K. Kubitzki *et al.* (eds.). *The Families and Genera of Vascular Plants* 7: 333-432. Berlin: Springer-Verlag.
- Guo, S. L. and X. Z. Liu. 2001. The chromosome number of *Veronica hederifolia* L. in China and its ecological significance. *Guihaia* 21: 111-112.
- Hong, D. Y., H. B. Yang, C. L. Jin and N. H. Holmgren. 1998. Scrophulariaceae. *In*: Z. Y. Wu and P. H. Raven (eds.). *Flora of China* 18: 1-212.
- Hsieh, T. H. and K. C. Yang. 2002. Revision of *Torenia* L. (Scrophulariaceae) in Taiwan. *Taiwania* 47: 281-289.
- Hsieh, T. H. 2000. Revision of *Mazus* Lour. (Scrophulariaceae) in Taiwan. *Taiwania* 45(2): 131-146.
- Huang, S. F. and T. C. Huang. 1998. *Veronica*. *In*: T. C. Huang *et al.* (eds.). *Flora of Taiwan* 4: 631-643. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd. edn., Taipei.
- Liu, H. Y. 1998. Scrophulariaceae. *In*: T. C. Huang *et al.* (eds.). *Flora of Taiwan* 4: 582-646. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd. edn., Taipei.
- Shimizu, T. (ed.). 2003. *Naturalized Plants of Japan*. Heibonsha Ltd., Tokyo, Japan.
- Wu, M. J. and T. C. Huang. 2004. Taxonomy of the *Euphrasia transmorrisonensis* (Orobanchaceae) complex in Taiwan based on nrITS. *Taxon* 53: 911-918.
- Wu, M. J., S. F. Huang, T. C. Huang, P. F. Lee and T. P. Lin. 2005. Evolution of the *Euphrasia transmorrisonensis* complex (Orobanchaceae) in alpine areas of Taiwan. *Journal of Biogeography* 32: 1921-1929.

## 台灣刺鼠 *Niviventer coninga* (Swinhoe, 1864)

### 種小名的演變回顧

## A Review of Changing on the Scientific Name of the Spiny Rat *Niviventer coninga* (Swinhoe, 1864)

本川雅治<sup>1</sup> 林良恭<sup>2,\*</sup>

Masaharu Motokawa and Liang-Kong Lin

<sup>1</sup> 日本京都大學綜合博物館 日本京都市左京區吉田本町

<sup>2</sup> 東海大學生命科學系 台中市台中港路三段 181 號

<sup>1</sup> The University Museum, Kyoto University, Kyoto, Japan

<sup>2</sup> Department of Life Science, Tunghai University, Taichung, Taiwan

\*通訊作者：lklin@thu.edu.tw

\*Corresponding author: lklin@thu.edu.tw

### 摘 要

刺鼠 *Niviventer coninga* (Swinhoe, 1864) 為台灣特有種的鼠類，其新種發表時命名為 *Mus coninga*，爾後種小名曾更改為 *coxinga* 及 *coxingi*。但從 1870 年到 1990 年沒有人使用 *coninga* 名稱，而 *coxinga* 及 *coxingi* 則分別見於後續發表的一些研究論文中。Corbet and Hill 初次認為 *Niviventer coninga* 應仍是刺鼠的有效種小名，但並未說明依據之命名法規條文。根據國際動物命名規約條文 32.5 必須改正的拚法，即針對不正確之原拚法、條文規定不正確的音譯或拉丁化，或者使用一不正當的连接母音，均不被認作疏忽性錯誤(inadvertent error)，故應該接受該拚法為合法有效，即最初發表的 *coninga* 名稱沒有明顯證據是「inadvertent error」(疏忽性錯誤)。另依條文 23.9.1 普遍(慣用)用法規定，並非自 1899 年起沒有再用過 *coninga*。因此刺鼠正式學名應依 Corbet and Hill 於 1991 年之提議，維持 *Niviventer coninga*。為了國內使用本種學名之正確性，特撰此文供參考。

## Abstract

The spiny rat *Niviventer coninga* (Swinhoe, 1864) is an endemic rodent to Taiwan. It was originally described as *Mus coninga* by Swinhoe in 1864. Since then the names *coxinga* and *coxingi* have been also used, causing confusion in the nomenclature of this rodent. A review of the literature showed that the original name *coninga* was used prior to 1870. Since then *coninga* was no longer used and replaced by *coxinga* or *coxingi* until 1990. In 1992 Corbet and Hill verified the scientific name of the rodent as *Niviventer coninga* (Swinhoe, 1864), according to Code 32.5 and Code 23.9.1 of the 4th edition of International Code of Zoological Nomenclature. The former code states that spelling variation based on transliteration are not errors justifying a change in name, and the latter code states that if the original name was used since 1899, the original name should stand. Nevertheless, since 1992 both *coxinga* and *coxingi* have been still used, particularly in Taiwan. It is recommended *Niviventer coninga* (Swinhoe, 1864) to be used as the valid scientific name of the spiny rat of Taiwan.

**關鍵詞：**刺鼠學名、*Niviventer coninga*、*Niviventer coxinga*、*Niviventer coxingi*、國際動物命名規約

**Key words :** Scientific name of *Niviventer coninga*, *Niviventer coxinga*, *Niviventer coxingi*, International Code of Zoological Nomenclature

收件日期：96年11月15日

接受日期：97年11月20日

Received: November 15, 2007

Accepted: November 20, 2008

## 緒 言

刺鼠是台灣特有的老鼠，分布於台灣低中海拔的山區(Wu and Yu 2004)。本種於1864年由英國博物學家暨外交官 Robert Swinhoe (1864a: 185 頁)在倫敦動物學會會報上發表為一個新種，命名為 *Mus coninga*。其種小名的定名是以紀念鄭成功(又稱國姓爺)在台灣的治績，文中寫道：「I propose to name the animal after the powerful pirate chief who seized the island from the Dutch, ...」(Swinhoe 1864a)。之後，Swinhoe (1870)在「中國揚子江以南和台

灣島之哺乳類」一文中，將種本名修訂為 *Mus coxinga*，但未說明真正原因，文中僅記載如下：「*Mus coxinga*, Swinhoe (errore *coninga*), P. Z. S. 1864, pp. 185, 382.」。1892年，Thomas (1892)卻訂正刺鼠種本名為 *Mus coxingi*。

鄭成功是明末海盜出身鄭芝龍的兒子，生母為日本九州大分縣人。鄭成功因其堅決反清復明，明末皇帝唐王賜其皇姓『朱』姓，故又稱鄭成功為國姓爺，當時英文名記為 *Koxinga*，按照其發音應屬今通行福建、台灣一帶的閩南語。

之後，雖然刺鼠的屬名數次變更，但是生

物學家都以 *coxingi* 或 *coxinga* 為種本名，且從 1870 到 1990 年間沒有人使用 *coninga* 此名稱。1945 年以前日本分類學家都使用 *coxinga* 為種本名，包括 *Mus coxinga* (Aoki 1913)、*Epimys coxinga* (青木 1915)、*Rattus coxinga* (堀川 1931; Kuroda 1935, 1938; Okada 1938; 黑田 1940; Aoki and Tanaka 1941); 或亞種名 *Rattus fulvescens coxinga* (Kano 1940; Tokuda 1941)。1945 年以後，台灣分類學家陳兼善和于名振(1984)、美國海軍醫學第二研究單位研究者 Jones (1975) 和 Jones *et al.* (1971) 也都使用種名 *Rattus coxinga*。日本分類學家 Kuroda (1952)、美國海軍醫學第二研究單位研究者 Jones *et al.* (1969) 和 Kuntz and Dien (1970) 為區別分布於中國大陸的另一亦是刺鼠但為不同亞種，因此台灣的刺鼠則使用模式亞種名 *Rattus coxinga coxinga*。另一方面，歐美和部分台灣和中國的分類學家和生態學家則使用 *coxingi* 為有效名稱，如 *Mus coxingi* (Bonhote 1906)、*Rattus coxingi* (Ellerman 1941; Ellerman and Morrison-Scott 1951, 1966; Corbet and Hill 1980); 或亞種名 *Rattus coxingi coxingi* (Ellerman 1949)。1980 年以後，因 *Niviventer* 提升至獨立有效的屬(Musser 1981)，之後台灣刺鼠學名則使用 *Niviventer coxingi* 為最常見 (Honacki 1982; Nowak and Paradiso 1983; Corbet and Hill 1986; 林 1989; Nowak 1991, 1999; Musser and Carleton 1993; Yu 1993, 1994, 1995; Pei 1995; 鄭等 1995, 2000; 黃等 1995; Yu *et al.* 1996; 張簡等 1996, 2000; 張 1996; 鄭等 1997; Yu and Lin 1999; Wu and Yu 2000, 2004; 王 2003; 陳等 2003; Duff and Lawson 2004; 蔡等 2005)。

英國自然史博物館的哺乳動物分類學專家 Corbet and Hill (1991, 1992) 初次認為當年 Swinhoe 首次使用的 *coninga* 應為有效種小名，他們根據當時的國際動物命名規約第三版 (ICZN 1985) 的條約，認為「Although now more

often spelled *coxingi*, the name *coninga* is spelled thus twice in the original publication, with no evidence therein of an inadvertent error. It is not therefore an 'incorrect original spelling' and should stand as the valid name (article 32d of Code)」(Corbet and Hill 1992)。之後，林良恭(1994)亦採用 Corbet and Hill (1992) 的看法，認為 *coninga* 並無拼錯且最早被使用為由，亦使用 *Niviventer coninga* 作為刺鼠的種名。最近，美國老鼠分類學家 Musser and Carleton (2005) 在第三版「世界哺乳類種類」(Mammal Species of the World) 一書中亦說明 *Niviventer coninga* 的種名，乃因「Corbet and Hill (1992: 364) explained why *coninga* instead of *coxingi* is the correct name for this species」。

雖然 Corbet and Hill (1992) 和 Musser and Carleton (2005) 皆以國際動物命名規約的理由認定種本名 *coninga* 是刺鼠的正式名稱，但所依據的命名法規條文說明並不清楚。而目前有效的國際動物命名規約是第四版 (ICZN 1999)，不同於 Corbet and Hill (1992) 用的第三版。本論文將詳細檢討 *coninga* 作為刺鼠的有效種小名之適切性。

## 國際動物命名法規

國際動物命名規約第四版從 2000 年 1 月 1 日起生效 (ICZN 1999)。于名振(2002)將其譯成中文，且經國際動物命名委員會審查認可成為正式中文版本。

關於在第 32 條「原拼法」(original spelling) 的規定，國際動物命名規約第三版與第四版的差異不大，第四版國際動物命名規約的規定如下：〔中文節錄自于名振(2002)的譯本〕

32.1. 'Definition. The "original spelling" of a name is the spelling used in the work in which the name was established.'

**定義。**一個物種名稱的「原拼法」，就是在建立此名稱的著作物中所使用的拼法。

32.2. **‘Correct original spelling.** The original spelling of a name is the “correct original spelling”, unless it is demonstrably incorrect as provided in Article 32.5.’

**正確原拼法。**一個名稱的原拼法，即為其「正確原拼法」。除非如第 32 條第 5 項所列舉，能證明此原拼法為不正確者。

32.3. **‘Preservation of correct original spelling.** The correct original spelling of a name is to be preserved unaltered, ...’

**正確原拼法的保留。**一個物種名稱的正確原拼法應予保留而不加改變，...(以下從略)

32.4. **‘Status of incorrect original spellings.** An original spelling is an “incorrect original spelling” if it must be corrected as required in Article 32.5. An incorrect original spelling has no separate availability and cannot enter into homonymy or be used as a substitute name.’

**不正確原拼法的地位。**一項原拼法如果依第 32 條第 5 項的要求而必須予以改正者，即為一項「不正確原拼法」。一項不正確的原拼法沒有個別的適用性，不能列入異物同名的關係中，也不能被當作一個代換名稱。

32.5. **‘Spellings that must be corrected (incorrect original spellings).’**

**必須改正的拼法(不正確原拼法)**

32.5.1. ‘If there is in the original publication itself, without recourse to any external source of information, clear evidence of an inadvertent error, such as a *lapsus calami* or a copyist's or

printer's error, it must be corrected. Incorrect transliteration or latinization, or use of an inappropriate connecting vowel, are not to be considered inadvertent errors.’

如果明顯地是在原發表物的本身，而非藉助任何外在訊息來源的疏忽性錯誤，如筆誤，或抄錄者、印刷者的錯誤者，則必須改正之。不正確的音譯或拉丁化，或者使用不正當的連接母音，均不被認作疏忽性錯誤。

## 討 論

Swinhoe (1864a)在倫敦動物學會會報發表新種 *Mus coninga* 論文中，他寫了兩次種名，分別在 185 頁第一行「*Mus coninga*, n. sp.」，以及 187 頁第 14 行「that *Mus coninga* is allied to *M. flavescens*, .....」，種本名都是 *coninga*。所以 Corbet and Hill (1992)指出在原始的發表刊物就用了兩次「the name *coninga* is spelled thus twice in the original publication」，沒有明顯證據證明 *coninga* 名稱是「疏忽性錯誤」(inadvertent error, 見 32.5.1)的「不正確原拼法」(incorrect original spelling)，所以 *coninga* 就當為「正確原拼法」(correct original spelling, 見 32.2)，還必須「應予原狀保留」(to be preserved unaltered, 見 32.3)。Swinhoe (1864b)同年發表的另一篇論文中，在 382 頁第 19 行出現「25. *Mus coninga*, Swinhoe, P. Z. S. 1864, p. 185」，他又使用了 *coninga* 一次

隨後他或許發現國姓爺的拼法有誤，若依照閩南語的發音而言，的確 *coxinga* 唸法較貼切國姓爺的聲調。但是 Swinhoe 的確使用 *coninga* 為種之名，因而根據國際動物命名規約第四版第 33 條「後來拼法」(subsequent spelling)的規定，Swinhoe (1870)的 *coxinga* 和 Thomas (1892)的 *coxingi* 便是「不正當修正」(unjustified emendation)。

而對於「不正當修正」，若依第三版的規

定，是以「全權」(plenary power)作為解決之道(見第三版國際動物命名規約第 79 條)。「全權」是國際動物命名委員會的權力(見第 77 到 84 條，關於國際動物命名法委員會)。可是，第四版國際動物命名規約中卻規定：

33.2.3. 'Any other emendation is an "unjustified emendation"; the name thus emended is available and it has own author and date and is a junior objective synonym of the name in its original spelling; it enters into homonymy and can be used as a substitute name, but'

任何其他修正均為一項「不正當修正」；該修正名稱為適用的名稱，修正名稱另有其本身的著者和出版日期，而且為原拼法名稱的一個後客觀異名者；此不正當修正的名稱可列入異物同名中，並且可當作一個代換名稱，但是，

33.2.3.1. 'when an unjustified emendation is in prevailing usage and is attributed to the original author and date it is deemed to be a justified emendation.'

當一項不正當修正是一種現今的盛行用法，且來自於原命名者和命名日期，則被視為一項正當的修正。

雖說第四版國際動物命名規約的第 33.2.3 款和第三版的第 33 條大概一樣，但是，第四版的第 33.2.3.1 款和「盛行用法」(prevailing usage)卻是新的規定。這也是本論文要針對 Corbet and Hill (1992)的說法，在現今第四版法規的解釋是否適用？

關於科學家使用的刺鼠種之名 *coxinga*，事實上仍源自於原命名者和命名日期(Swinhoe 1864a, 1864b)。這情況好像吻合第 33.2.3.1 款後文所述部分，但就此條款前文有關「盛行用

法」部分，卻值得再進一步的討論。先就第四版國際動物命名規約的辭彙解說(glossary)和第 23.9.1 款來看：

'usage, prevailing, *n.* Of a name: that usage of the name which is adopted by at least a substantial majority of the most recent authors concerned with the relevant taxon, irrespective of how long ago their work was published.'

**盛行用法【名詞】** 一個名稱：該名稱的使用，至少被最近關注此相關分類單元的著者中的實質多數所採用，不論其著作在多久以前出版。

23.9.1. 'prevailing usage must be maintained when the following conditions are both met:'

盛行用法必須同時符合下列兩種情況：

23.9.1.1. 'the senior synonym or homonym has not been used as a valid name after 1899, and'

自 1899 年以後即未被作為一個有效名稱的先同物異名或先異物同名，以及

23.9.1.2. 'the junior synonym or homonym has been used for a particular taxon, as its presumed valid name, in at least 25 works, published by at least 10 authors in the immediately preceding 50 years and encompassing a span of not less than 10 years.'

後同物異名或後異物同名，如果在最近五十年內至少被十位著者、並且持續時間不少於十年，發表的至少二十五篇著作中被用作假定的有效名稱。

Swinhoe (1864a, 1864b)於 1864 年使用了「先同物異名」(senior synonym)的 *coninga*。

1899 年以後直至 1990 年，雖然沒有人使用 *coninga*，但是，1990 年代的 Corbet and Hill (1991, 1992)、林良恭(1994)和 Musser and Carleton (2005)又使用了 *coninga*。因此，名稱 *coninga* 的情況就不符合第四版國際動物命名規約第 23.9.1.1 款的規定，所以名稱 *coxinga* 和 *coxingi* 都不是「盛行用法」。

## 結 論

所以雖說 Corbet and Hill (1992)將種本名改為 *coninga* 按照第三版國際動物命名規約來執行，刺鼠學名 *coninga* 仍舊為「正確原拼法」。再根據上述有關第四版的第 33.2.3.1 款和「盛行用法」(prevailing usage)新的規定的討論結果，對於刺鼠的種之名我們可以提出以下結論：1864 年 Swinhoe 出版的名稱 *coninga* 就是「正確原拼法」。Swinhoe (1870)發表的名稱 *coxinga* 和 Thomas (1892)發表的名稱 *coxingi* 就是「不正當修正」，也是 *coninga* 的「後同物異名」。所以，刺鼠的有效種之名是 *Niviventer coninga* (Swinhoe, 1864)。藉此文再度闡明，未來國內使用刺鼠種之名時應多加留意正確使用。

## 引用文獻

- 于名振(翻譯)。2002。國際動物命名規約 第四版。水產出版社。196 頁。
- 王應祥。2003。中國哺乳動物種和亞種分類名錄與分布大全。中國林業出版社。北京。394 頁。
- 林良恭。1989。從台灣生物地理探討小型哺乳動物之來源。台灣動物地理淵源研討會專集。台北市立動物園保育組。65-80 頁。
- 林良恭。1994。台灣陸生哺乳類有多少種？。NOW 2 (2): 3-8。
- 祁偉廉。1998。台灣哺乳動物：野外探險實用大圖鑑。大樹文化。255 頁。
- 張學文(編著)。1996。壽山的動物。高雄復文圖書出版社。139 頁。
- 張簡琳玟、許富雄、洪典戊、朱賢斌、林春富、蔡昕皓、邱玉娟。2000。高雄縣市的野生動物。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。223 頁。
- 張簡琳玟、陳立禎、林華慶、林麗紅、李德旺、黃子典。1996。雲林縣的野生動物。台灣省特有生物研究保育中心。106 頁。
- 陳明義、蘇俊豪、林良恭、李建堂、魯丁慧、黃騰禾。2003。草嶺地區自然資源。行政院農業委員會。144 頁。
- 陳兼善、于名振。1984。台灣脊椎動物誌(第二次增訂)下冊。台灣商務印書館。633 頁。
- 黃文幾、陳延熹、溫業新。1995。中國嚙齒類。復旦大學出版社。上海。308 頁。
- 蔡雅芬、張簡琳玟、林瑞興、陳元龍、林春富、蔡昕皓、方懷聖、邱玉娟。2005。桃園縣的野生動物。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。208 頁。
- 鄭錫奇、張簡琳玟、張仕緯(編著)。1995。南投縣的哺乳類。台灣省特有生物研究保育中心。132 頁。
- 鄭錫奇、張簡琳玟、張仕緯(編著)。2000。南投縣的哺乳類(再版)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。132 頁。
- 鄭錫奇、陳立禎、洪典戊、林麗紅、蔡昕皓、楊耀隆。1997。台中縣市的野生動物。台灣省特有生物研究保育中心。235 頁。
- Aoki, B. 1915. (=青木文一郎)。1935。日本產鼠科。東京動物學會。東京。88 頁。(日文)
- 堀川安市。1931。台灣哺乳動物圖說。台灣博物學會出版部。台北。109 頁。(日文)
- 黑田長禮。1940。原色日本哺乳類圖說。三省堂。東京。311 頁。(日文)
- Aoki, B. 1913. A hand-list of Japanese and

- Formosan mammals. *Annotationes Zoologicae Japonensis* 8: 261-353.
- Aoki, B. and R. Tanaka. 1941. The rats and mice of Formosa illustrated. *Memoirs of the Faculty of Science and Agriculture, Taihoku Imperial University* 23: 121-191.
- Bonhote, J. L. 1906. The mammalian fauna of China. Part 1. Murinae. *Proceedings of the Zoological Society, London* 1905: 384-397.
- Corbet, G. B. and J. E. Hill. 1980. *A World List of Mammalian Species*. British Museum (Natural History), London. 226 pp.
- Corbet, G. B. and J. E. Hill. 1986. *A World List of Mammalian Species*. Second Edition. British Museum (Natural History), London. 254 pp.
- Corbet, G. B. and J. E. Hill. 1991. *A World List of Mammalian Species*. Third Edition. Oxford University Press, Oxford. 243 pp.
- Corbet, G. B. and J. E. Hill. 1992. *The Mammals of the Indomalayan Region: A Systematic Review*. Oxford University Press, Oxford. 488 pp.
- Duff, A. and A. Lawson. 2004. *Mammals of the World: A Checklist*. Yale University Press, New Haven. 312 pp.
- Ellerman, J. R. 1941. *The Families and Genera of Living Rodents*. Vol. 2. British Museum (Natural History), London. 690 pp [in 3 volumes].
- Ellerman, J. R. 1949. *The Families and Genera of Living Rodents*. Vol. 3. British Museum (Natural History), London. 210 pp.
- Ellerman, J. R. and T. C. S. Morrison-Scott. 1951. *Checklist of Palaearctic and Indian Mammals 1758 to 1946*. British Museum (Natural History), London. 810 pp.
- Ellerman, J. R. and T. C. S. Morrison-Scott. 1966. *Checklist of Palaearctic and Indian Mammals 1758 to 1946*. Second Edition. British Museum (Natural History), London. 810 pp.
- Honacki, J. H. 1982. Family Muridae. pp. 504-560. *In: J. H. Honacki, K. E. Kinman and J. W. Koepl (eds.). Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference*. Allen Press and the Association of Systematics Collections, Lawrence, Kansas.
- International Commission on Zoological Nomenclature. 1985. *International Code of Zoological Nomenclature Third Edition*. The International Trust for Zoological Nomenclature, London. 338 pp.
- International Commission on Zoological Nomenclature. 1999. *International Code of Zoological Nomenclature Fourth Edition*. The International Trust for Zoological Nomenclature, London. 306 pp.
- Jones, G. S. 1975. Catalogue of the type specimens of mammals of Taiwan. *Quarterly Journal of the Taiwan Museum* 28: 183-217.
- Jones, G. S., F. L. Huang and T. Y. Chang. 1969. A checklist and the vernacular names of Taiwan mammals (excluding sirenia, pinipedia, and cetacea): A review of the literature. *Chinese Journal of Microbiology* 2: 47-65.
- Jones, G. S., L. B. Liat, J. H. Cross. 1971. A key to the mammals of Taiwan. *Chinese Journal of Microbiology* 4: 267-278.
- Kano, T. 1940. *Zoogeographical Studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa*. Shibusawa Institute for Ethnographical Research, Tokyo. 145 pp.

- Kuntz, R. E. and Z. M. Dien. 1970. Vertebrates of Taiwan taken for parasitological and biomedical studies by US. Naval Medical Research Unit No. 2, Taipei, Taiwan Republic of China. Quarterly Journal of the Taiwan Museum 23: 1-37.
- Kano, T. 1940. Zoogeographical Studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Shibisawa Institute for Ethnographical Research, Tokyo. 145 pp.
- Kuroda, N. 1935. Formosan mammals preserved in the collection of Marquis Yamashina. Journal of Mammalogy 16: 277-291.
- Kuroda, N. 1938. A List of the Japanese Mammals. Published by the Author, Tokyo. 122 pp.
- Kuroda, N. 1952. Mammalogical history of Formosa, with zoogeography and bibliograohy. Quarterly Journal of Taiwan Museum 5: 267-304.
- Musser, G. G. 1981. Results of the Archbold Expeditions. No. 105. Notes on systematics of Indo-Malayan murid rodents, and descriptions of new genera and species from Ceylon, Sulawesi, and the Philippines. Bulletin of the American Museum of Natural History 168: 225-334.
- Musser, G. G. and M. D. Carleton. 1993. Family Muridae. pp. 501-755. In: D. E. Wilson and D. M. Reeder (eds.). Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference. Second Edition. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Musser, G. G. and M. D. Carleton. 2005. Superfamily Muroidea. pp. 894-1531. In: D. E. Wilson and D. M. Reeder (eds.). Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference. Third Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Nowak, R. M. 1991. Walker's Mammals of the World. Fifth Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 1629 pp.
- Nowak, R. M. 1999. Walker's Mammals of the World. Sixth Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 1936 pp.
- Nowak, R. M. and J. L. Paradiso. 1983. Walker's Mammals of the World. Fourth Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 1362 pp.
- Pei, K. 1995. Activity rhythm of the spinous country rat (*Niviventer coxingi*) in Taiwan. Zoological Studies 34: 55-58.
- Swinhoe, R. 1864a. On a new rat from Formosa. Proceedings of the Zoological Society 1864: 185-187.
- Swinhoe, R. 1864b. The secretary read the following extracts from letters recently addressed by Mr. R. Swinhoe, H. B. M. Consul in Formosa, to Dr. J. E. Gray. Proceedings of the Zoological Society 1864: 378-383.
- Swinhoe, R. 1870. Catalogue of the mammals of China (south of the River Yangtze) and of the Island of Formosa. Proceedings of the Zoological Society of London 1870: 615-653.
- Thomas, O. 1892. On the Mammalia collected by Signor Leonardo Fea in Burma and Tenasserim. Annali del Museo civico di storia naturale Giacomo Doria 10: 913-949. (not seen, cited from Corbet and Hill [1992]).
- Tokuda, M. 1941. A revised monograph of the Japanese and Manchou-Korean Muridae. Biogeographica 4: 1-155.

- Wu, H. Y. and H. T. Yu. 2000. Population dynamics of the spiny country rat (*Niviventer coxingi*) in a subtropical montane forest in central Taiwan. *Journal of Zoology, London* 250: 339-346.
- Wu, H. Y. and H. T. Yu. 2004. Spatial organization of a forest-dwelling murid rodent, *Niviventer coxingi*, in subtropical central Taiwan. *Zoological Studies* 43: 612-621.
- Yu, H. T. 1993. Natural history of small mammals of subtropical montane areas in central Taiwan. *Journal of Zoology, London* 231: 403-422.
- Yu, H. T. 1994. Distribution and abundance of small mammals along a subtropical elevational gradient in central Taiwan. *Journal of Zoology, London* 234: 577-600.
- Yu, H. T. 1995. Patterns of diversification and genetic population structure of small mammals in Taiwan. *Biological Journal of the Linnean Society* 55: 69-89.
- Yu, H. T. and Y. S. Lin. 1999. Age, reproduction, and demography of the spiny rat (Muridae: *Niviventer coxingi*) in subtropical central Taiwan. *Zoological Studies* 38: 153-163.
- Yu, H. T., Y. P. Fang, C. W. Chou, S. W. Huang and F. H. Yew. 1996. Chromosomal evolution in three species of murid rodents of Taiwan. *Zoological Studies* 35: 195-199.

