

## 武陵地區溪流石附生藻類時間及空間分布

### Temporal and Spatial Variations of Epilithic Periphyta in the Upper Tachia River of the Wulin Area

于淑芬<sup>1</sup> 林幸助<sup>1,\*</sup> 陳伯中<sup>2</sup>

Shu-Fen Yu<sup>1</sup>, Hsing-Juh Lin<sup>1,\*</sup> and Pei-Chung Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立中興大學生命科學系 台中市國光路250號

<sup>2</sup>弘光科技大學生物科技系 台中縣沙鹿鎮晉江里中棲路34號

<sup>1</sup>Department of Life Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

<sup>2</sup>Department of Biotechnology, Hung-Kuang University, Taichung, Taiwan

\* 通訊作者

\*Corresponding author

#### 摘要

武陵地區溪流是目前櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)重要的棲息環境，但目前數量稀少且瀕臨絕種。石附生藻類為溪流生態系內主要基礎生產者，本研究目的在探討溪流內石附生藻之豐度及群集變化。利用MDS空間排序分析，發現武陵地區溪流石附生藻類有顯著之季節性差異，其中春、冬季的豐度顯著多於夏季及秋季。藻類組成以矽藻為主，占藻種數量80%以上，優勢種以羽紋矽藻目之曲殼藻屬(*Achnanthes*)為主。藻類豐度以有勝溪最多，且七家灣溪、高山溪、桃山北溪及有勝溪之藻種群集有顯著不同。利用BIOENV分析，發現矽酸鹽及流速為影響藻類群集季節變化之主要因子，而水溫、pH值、導電度、無機氮鹽及矽酸鹽為影響藻類空間差異之主要因子。

#### Abstract

The landlocked Formosan salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) is an endangered species, that occurs only in the upper Tachia River of the Wulin area of Taiwan. As epilithic periphyta are the main primary producers of the river, this study was intended to determine their biomass and species composition, using the non-metric multi-dimensional scaling (MDS) analysis. The results showed that

there were significant seasonal differences in algal biomass: higher in spring and winter than in summer and fall. Diatoms were the most abundant species, contributing over 80% of the total number of the periphyta collected. Most of them belonged to pennatae, of which the genus *Achnanthes* was the most abundant at all sites. Values of chlorophyll-a were significantly higher in the Yeaushen Creek than other creeks. Algal communities also varied among the creeks. The results of BIOENV analyses suggested that water temperature, SiO<sub>2</sub> and current velocity were the major factors causing the seasonal variation of the periphyton community in the creeks of the Wulin area, while water temperature, pH, conductivity, DIN and SiO<sub>2</sub> were the causes for the spatial variation.

**關鍵詞：**武陵地區、石附生藻類、藻類群集

**Key words:** epilithic periphyta, algal community, Wulin, Taiwan

收件日期：95年4月4日

接受日期：95年7月3日

Received: April 4, 2006

Accepted: July 3, 2006

## 緒 言

武陵地區位於台中縣和平鄉，本區溪流有桃山北溪、七家灣溪、高山溪及有勝溪等，屬於大甲溪之上游。武陵地區溪流(除有勝溪外)存在有瀕臨滅絕之保育類魚類—櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)。此種鮭魚對於水質之要求高，生活水溫要低於16°C，棲地要有深潭等等，當然也要有豐富的水生昆蟲作為食物(林等 1988；汪 1994)。為了瞭解及復育櫻花鉤吻鮭，於本區所作之各種研究不勝枚舉，但對於本區溪流之藻類相則少有人探討，僅有汪靜明(1994)及陳弘成(2000)作種類的調查。

藻類是溪流生態系的初級生產者，影響藻類生長的因子有水溫、流速、流量、日照、營養鹽等(Rosemond *et al.* 1993；Pan *et al.* 1999；Soininen and Könönen 2004)，土地使用型態亦會影響溪流水質及沿岸狀況(Wilby *et al.* 1998)，因為農耕常會將沿岸植被

砍光，日光直接射入溪水中使得水溫上升，高的水溫常導致藻類豐度增加(Dodds *et al.* 2002)；在夏季，鬱閉且較小的上游溪流，日光常是影響附生藻類豐度的首要限制因子(Hill and Knight 1988；Kiffney and Bull 2000)，群集也有可能跟著改變，當然農業亦會使得營養鹽輸入溪流增加，並使溪流藻類大量增生，除了降低藻類的歧異度外對於藻類群集亦直接影響。

附生藻類對於水質能立即反應，常被用來作生物指標(Wu 1986；Tang *et al.* 1998；Sushil *et al.* 1999)，且在食物鏈之關係上是許多水生昆蟲如毛翅目、蜉蝣目及部分雙翅目的食物(津田 1962)，而水生昆蟲為櫻花鉤吻鮭主要的食物(汪 1994)。所以，附生藻類在食物鏈的關係上是很重要的一環，於探討櫻花鉤吻鮭生態之前，有必要先探討本區之藻類生物相。本研究之目的即為探討武陵地區溪流附生藻類之時空變異，並希望能瞭解影響藻類群集之重要環境因子。

## 材料與方法

### 一、樣區位置與概況

樣區位於台中縣和平鄉武陵地區，屬大甲溪上游，海拔高約1,720-2,100m，年平均溫度為13-15°C，岸邊植物多為台灣原生物種，主要為台灣二葉松、台灣胡桃、栓皮櫟、水麻等。七家灣溪下游距溪岸50m外有種植水果及蔬菜，高山溪沿岸為原始森林無耕作情

形，而有勝溪為重度農耕地，沿岸無植被，蔬菜沿著溪岸種植。取樣點共計12點，七家灣溪上游桃山北溪設1樣點(A)、七家灣溪設4樣點(B-E)、高山溪3樣點(G-I)、七家灣溪及高山溪匯流後1樣點(F)及有勝溪3樣點(J-L) (圖1)，取樣時期自2003年3月至2004年3月。

### 二、環境理化性質測定

環境因子每月測定，利用攜帶式水質測

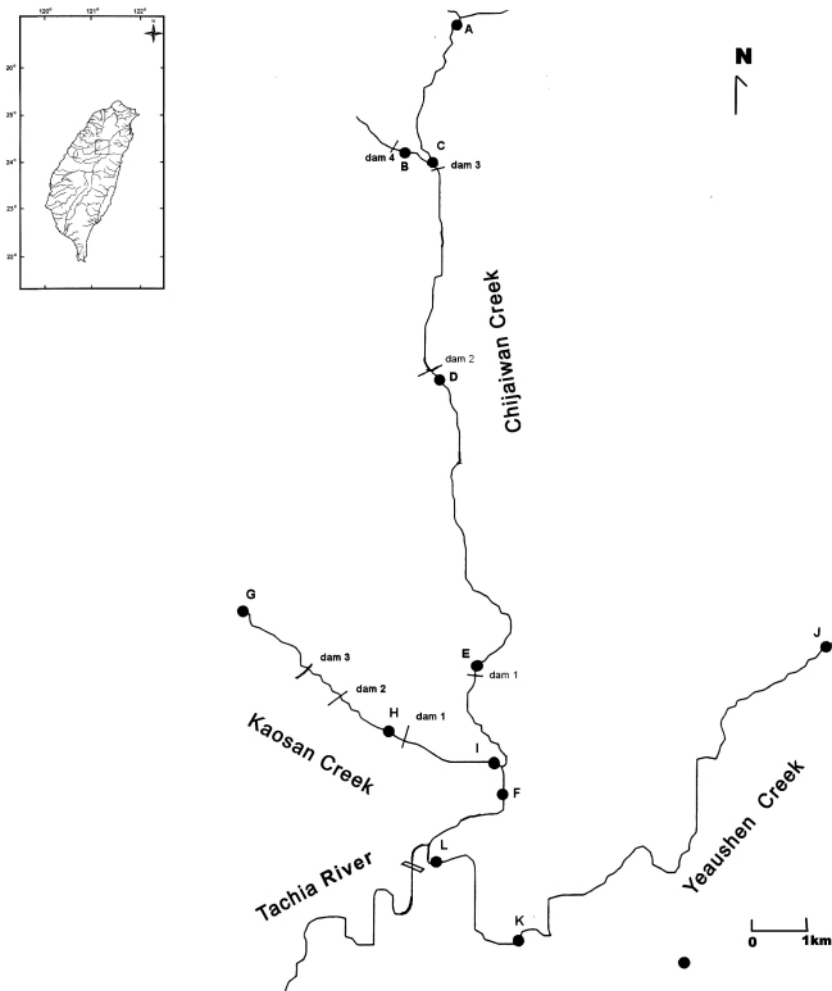


圖1. 樣區位置圖。

Fig. 1. Sampling sites (A-L) at the four creeks of Upper Tachia River in the Wulin area.

定儀(YSI 500XLM-O)測定水溫(temperature)、pH值、導電度(conductivity)及溶氧(DO)，而流速(current velocity)則利用流速計(SonTek Flow Tracker Handheld ADV)測定。其他如濁度(turbidity)、生化需氧量(BOD)、總磷(TP)、矽酸鹽( $\text{SiO}_2$ )以及無機氮鹽(DIN，亞硝酸鹽+硝酸鹽+氨氮)等性質，則將水樣帶回實驗室，以環保署公告檢測方法測定。濱溪植被鬱閉度以球面樹冠覆蓋密度計測定。

### 三、附生藻類之採集

每月於每測點急流處、緩流處及有遮蔽處、無遮蔽處隨機選擇溪底面積約205-400  $\text{cm}^2$ 之石塊，以刮刀及牙刷採集附生溪底石塊上之黃褐色或深褐色的附生藻類，每石塊取樣面積為25-50  $\text{cm}^2$ ，置入冰桶中，低溫保存帶回實驗室處理。附生藻類葉綠素a以90%丙酮萃取，以分光光度計測定(Lobban *et al.* 1988)。附生藻類種類鑑定則利用干擾相差顯微鏡(differential interference contrast)，接物鏡100倍油鏡鑑定藻之分類群(Bennion 1995)，矽藻並以硫酸處理(賴 1997)。

### 四、資料分析

因藻類優勢種及稀有種數量差異大，故藻類原始資料均取 $\log_{10}$ 轉換(Krebs 1999)，並利用統計軟體PRIMER (vers. 5.2) 進行MDS (non-metric multidimensional scaling)空間排序分析藻類群集的時間及空間型態。分析時藻類資料為各測站或各月份的平均值。各群集代表種以SIMPER來分析。影響附生藻類群集空間及時間差異之環境因子則以BIOENV分析。SIMPER及BIOENV分析時之藻類資料為相對豐度。利用SAS統計軟體(vers. 8)作雙向變方分析(2-way ANOVA)檢視地點及時間之效應是否顯著，以及是否有交互作用。

## 結果

### 一、水質理化性質

所有樣點的水溫在冬季均低於 $10^\circ\text{C}$ (表1)，夏天的水溫除了有勝溪的中下游樣點K及L高達 $18.5^\circ\text{C}$ 外，其餘均低於 $16.5^\circ\text{C}$ 。而溶氧在各樣點均高於6.8  $\text{mg/L}$ 以上，所以本區之水生物溶氧並不是生長限制因素。導電度各樣點平均在200  $\mu\text{s/cm}$ 以下，但有勝溪中下游樣點K及L平均均超過250  $\mu\text{s/cm}$ ，在冬季則甚至高達390  $\mu\text{s/cm}$ 。流速以高山溪為最快，其次為七家灣溪及有勝溪，其他如pH值、濁度、BOD等各樣點差異不大；營養鹽部分則發現有勝溪各樣點之無機氮鹽均高於其他在高山溪及七家灣溪之樣點，濃度有2.584-6.586  $\text{mg/L}$ ，與其他樣點差異達3-60倍。矽酸鹽以桃山北溪最大為 $6.14 \pm 0.74$   $\text{mg/L}$ ，其他樣點則在4  $\text{mg/L}$ 左右。而總磷部分各樣點差異並不大，平均為0.010-0.034  $\text{mg/L}$ ，以雙向變方分析發現，夏、秋季較春、冬季高。

### 二、附生藻類

MDS分析各溪流石附生藻類群集組成，發現武陵地區溪流藻種組成可清楚分成4群(圖2)，即桃山北溪(I)、七家灣溪(II)、高山溪(III)及有勝溪(IV)4地區；而石附生藻類在季節性分布上亦有明顯季節變化，12、1及2月出現的附生藻類代表冬季的藻類群集、3月出現的附生藻類代表春季的藻類群集、4-10月出現的藻類則代表夏季的藻類群集，而11月為秋季(圖3)。

武陵地區溪流石附生藻類藻種以矽藻為最優勢，占有細胞數85%，其次為藍綠菌(Cyanobacteria)；矽藻中以曲殼藻屬(*Achnanthes*)為最優勢屬，全年均出現且在各樣點均有，占有藻種50%以上，其中*Achnanthes atomus*, *Achnanthes lanceolata* 和

表1. 武陵地區溪流理化性質；樣點 A：桃山北溪；樣點B、C、D、E、F：七家灣溪；樣點G、H、I：高山溪；樣點J、K、L：有勝溪

**Table 1.** Water qualities (mean±SD) at 12 sites (A-K) on the Upper Tachia River in the Wulin area, March 2003 to March 2004 (A : Taosan North Creek; B, C, D, E and F: Chijaiwan Creek; G, H and I: Kaoshan Creek; J, K and L: Yeaushen Creek)

	Taosan North Creek		Chijaiwan Creek				Kaoshan Creek			Yeaushen Creek		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Temperature (°C)	11.8±2.4 7.4-15.5	11.4±3.0 7.3-16.5	11.4±2.9 7.3-15.5	11.7±2.1 8.5-15.0	12.2±1.8 9.6-15.0	12.4±2.3 9.8-16.0	10.8±3.1 5.1-15.0	11.3±2.9 6.6-15.2	11.6±2.7 7.9-15.2	11.6±2.5 8.0-15.0	13.4±3.6 8.6-18.5	13.5±3.6 8.3-18.5
DO (mg/L)	9.8±1.2 7.5-11.4	10.1±1.4 8.2-13.2	9.9±1.6 8.1-13.1	10.0±1.2 8.3-12.1	10.0±1.4 6.9-12.3	9.7±1.7 7.4-12.3	10.4±1.0 8.2-11.3	10.3±1.4 7.0-13.0	10.4±1.3 7.0-12.5	10.2±1.3 6.8-12.1	9.9±1.3 7.3-12.2	10.1±1.1 8.0-11.2
Turbidity(NTU)	0.14±0.11 0.01-0.35	0.14±0.12 0.01-0.39	0.12±0.11 0.02-0.30	0.14±0.13 0.02-0.37	0.25±0.17 0.07-0.58	0.29±0.23 0.05-0.67	0.26±0.20 0.01-0.62	0.25±0.17 0.01-0.52	0.22±0.18 0.05-0.53	0.21±0.18 0.02-0.54	0.42±0.26 0.05-0.63	0.39±0.21 0.10-0.68
BOD (mg/L)	0.60±0.39 0.03-1.40	0.63±0.27 0.15-1.08	0.57±0.25 0.02-1.04	0.64±0.35 0.05-1.21	0.60±0.44 0.00-1.23	0.60±0.39 0.15-1.32	0.63±0.48 0.13-1.63	0.55±0.45 0.05-1.70	0.69±0.26 0.21-1.00	0.47±0.35 0.01-1.11	0.77±0.44 0.01-1.55	0.83±0.43 0.73-1.59
pH	8.46±0.28 8.12-9.07	8.22±0.25 7.96-8.56	8.36±0.43 7.85-9.14	8.25±0.37 7.95-9.20	8.39±0.28 8.09-9.10	8.43±0.31 7.68-8.99	8.31±0.24 7.90-8.54	8.33±0.20 8.07-8.66	8.32±0.23 8.13-8.86	7.72±0.64 7.09-8.82	8.50±0.33 8.05-9.05	8.63±0.28 8.15-8.99
Conductivity (µs/cm)	233±45.3 200-350	124±19.4 90-170	134±28.4 90-190	163±34.5 110-230	176±36.6 130-250	165±32.0 130-230	149±26.3 125-200	152±27.9 130-200	155±28.8 130-210	165±34.5 130-220	264±55.5 210-390	289±54.5 230-320
SiO <sub>2</sub> (mg/L)	6.14±0.74 5.00-7.01	3.90±0.66 3.05-5.07	3.97±1.01 2.88-6.43	4.21±0.74 3.33-5.46	4.44±0.98 2.70-6.27	4.37±0.60 3.384-5.34	4.83±0.45 4.22-5.63	4.99±0.75 3.96-5.93	5.15±0.92 3.66-6.61	4.64±0.66 3.68-6.02	4.38±0.80 3.09-6.04	4.56±1.15 2.80-5.63
DIN (mg/L)	0.237±0.146 0.115-0.620	0.173±0.083 0.069-0.368	0.190±0.079 0.010-0.337	1.295±1.039 0.231-4.011	1.189±0.650 0.469-2.912	1.172±0.731 0.361-2.915	0.811±0.989 0.093-2.212	0.420±0.657 0.093-2.212	0.153±0.064 0.064-0.270	2.584±2.401 0.039-7.574	5.955±5.396 2.820-18.620	6.586±3.393 0.263-11.928
Current velocity (cm/s)	33.21±14.84 15.00-60.14	59.04±22.15 18.12-97.82	28.82±21.08 7.24-69.09	76.48±30.52 14.33-122.69	76.53±22.41 33.48-117.55	76.71±23.77 55.91-118.15	75.09±8.96 65.99-88.50	87.47±20.50 55.34-122.03	85.20±14.27 64.00-110.90	34.91±10.23 15.93-55.10	53.33±23.87 24.00-94.29	42.69±15.33 31.75-66.67
Total P (mg/L)	0.016±0.020 0.000-0.056	0.034±0.040 0.000-0.116	0.015±0.015 0.000-0.040	0.021±0.047 0.000-0.173	0.010±0.014 0.000-0.049	0.014±0.030 0.000-0.108	0.041±0.054 0.000-0.146	0.027±0.051 0.000-0.188	0.014±0.018 0.000-0.051	0.016±0.020 0.000-0.047	0.028±0.032 0.000-0.111	0.011±0.016 0.000-0.049

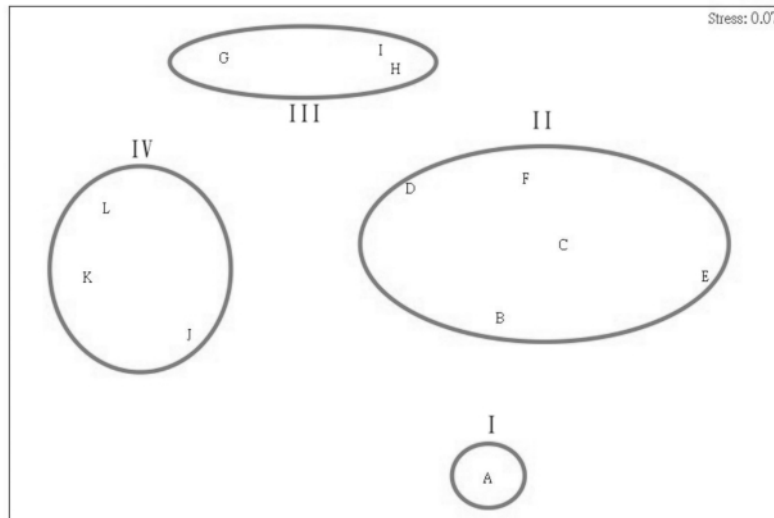
*Achnanthes minutissima*為武陵地區溪流之優勢藻種。

SIMPER分析優勢藻種在空間分布上，各區皆以曲殼藻屬、卵形藻屬 (*Cocconeis*)及異極藻屬(*Gomphonema*)此3屬為優勢，其中最優勢的是曲殼藻屬，占各地區50%以上，尤以高山溪最高約占64.82%。在桃山北溪卵形藻屬數量為其他區的2倍左右；有勝溪次優勢種類較不明顯。高山溪無藍綠菌，但七家灣溪藍綠菌卻占了25.28%(表2)。

優勢附生藻在時間分布上，發現有6類藻在全年均是優勢，約占70%，它們是

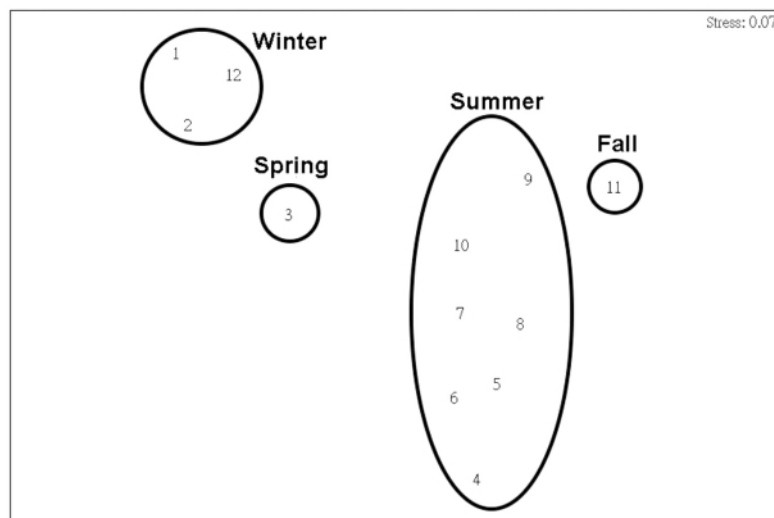
*Achnanthes atomus*, *Cocconeis placentula*, *Achnanthes minutissima*, *Achnanthes lanceolata*, *Oscillatoria* spp., *Achnanthes* spp. (表3)，其中 *A. atomus*是最優勢種，且有季節消長變化，其在春季時達到最高42.88%，夏、秋季時則下降到23.51%及21.90%，但是到了冬季時又上升為30.63%。同樣的季節消長情形也發生在 *Oscillatoria* spp.。武陵地區第二種優勢種為 *C. placentula*，在夏、秋季時 *A. atomus* 減少後，則 *C. placentula* 增加，但是到了冬季卻幾乎消失，取代的是約占20.81%的藍綠菌。

時間及空間交叉分析發現 *A. atomus*為全



**圖2.** MDS分析武陵地區石附生藻類空間分布歸群圖(第 I 區:樣點A; 第II區:樣點B-F; 第III區:樣點G-I; 第IV區:樣點J-L)。

**Fig. 2.** Groupings of periphyton communities by sites (A-L) on the Upper Tachia River of the Wulin area based on the Bray-Curtis similarities in the logarithms of species abundance data from the MDS analyses (Group I, Site A; Group II, Sites B-F; Group III, Sites G-I; Group IV, Sites J-L).



**圖3.** MDS分析武陵地區石附生藻類季節分布歸群圖(春季: 3月; 夏季:4-10月;秋季:11月; 冬季:12-2月)。

**Fig. 3.** Groupings of periphyton communities by months (1-12) on the Upper Tachia River of the Wulin area based on the Bray-Curtis similarities in the logarithms of number of species abundance data from the MDS analyses (Spring, March; Summer, April-October; Fall, November; Winter, December-February).

表2. 武陵地區各分區優勢藻種種類

**Table 2.** Percentage contributions of microalgal species to average spatial similarity of periphyton communities in the Upper Tachia River of the Wulin area (I, Taosan North Creek; II, Chijaiwan Creek; III, Kaoshan Creek; IV, Yeaushen Creek)

	I	II	III	IV
Average similarity within each site	39.88	38.37	41.64	34.59
Species				
<b>Bacillariophyta</b>				
<i>Achnanthes atomus</i> Hustedt	16.13	18.18	17.57	15.52
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	9.76	5.55	11.38	6.65
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	6.88	5.04	7.57	12.51
<i>Achnanthes</i> spp.	18.26	18.48	28.30	17.82
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg var. <i>pediculus</i>	5.23	1.48	1.33	3.26
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	15.11	9.22	7.53	6.07
<i>Cymbella cymbiformis</i> var. <i>nonpunctata</i>				0.91
<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh var. <i>minuta</i>				1.99
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory var. <i>sinuate</i>		2.48	1.25	2.08
<i>Cymbella</i> spp.				1.66
<i>Diatoma hiemale</i> Heiberg var. <i>mesodon</i> (Ehrenberg) Grunow	2.64	1.01		0.60
<i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i>				3.99
<i>Fragilaria pseudogaillonii</i>				2.53
<i>Gomphonema dichotomum</i> Kützing var. <i>dichotomum</i>			1.80	
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) var. <i>subcapitata</i>			1.25	0.61
<i>Gomphonema tergestinum</i> Fricke var. <i>tergestinum</i>			3.40	1.72
<i>Gomphonema</i> spp.			7.77	2.12
<i>Navicula angusta</i> Grunow.	1.43			0.98
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	1.07			
<i>Navicula</i> spp.	4.31	1.30	1.33	0.72
<i>Nitzschia</i> spp.				3.86
<b>Cyanobacteria</b>				
<i>Chroococcus</i> spp.		4.71		
<i>Lyngbya</i> spp.		5.70		
<i>Nostoc</i> spp.				0.93
<i>Oscillatoria</i> spp.	8.62	14.87		2.22
Total	89.44	88.02	90.48	88.75

表3. 武陵地區溪流石附生藻類不同季節優勢藻種種類

Table 3. Percentage contributions of microalgal species to average seasonal similarity of periphyton communities in the Upper Tachia River of the Wulin area

	Spring	Summer	Fall	Winter
Average similarity within each season	18.30	16.82	24.39	14.47
Species				
<b>Bacillariophyta</b>				
<i>Achnanthes atomus</i> Hustedt	42.88	23.51	21.90	30.63
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	2.78	4.09	5.72	4.49
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	5.21	3.67	3.68	3.63
<i>Achnanthes</i> spp.	10.57	13.32	17.14	18.11
<i>Calonis</i> sp.				6.34
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg var. <i>pediculus</i>	4.35			
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	10.64	27.93	33.67	
<i>Cymbella</i> spp.	1.27			6.97
<i>Fragilaria pseudogaillonii</i>			2.09	
<i>Gomphonema</i> sp.		2.12		
<i>Navicula</i> sp.	1.11			
<b>Cyanobacteria</b>				
<i>Chroococcus</i> spp.	1.20	2.67		3.39
<i>Lyngbya</i> sp.				2.63
<i>Oscillatoria</i> spp.	9.04	8.30	5.93	14.79
<b>Chlorophyta</b>				
<i>Cladophora</i> sp.				0.9
Total	90.81	90.31	90.13	91.87

年全區均出現之優勢種(表4)，桃山北溪全年優勢藻屬為曲殼藻屬及卵形藻屬，而七家灣溪優勢藻屬除曲殼藻屬外，在春、夏及冬季則出現較多之*Oscillatoria* spp.，且冬季出現較其他區更多之*Calonis* sp.。高山溪在春、秋季主要優勢藻屬為曲殼藻屬，在夏季則卵形藻屬增加，冬季優勢藻屬則為曲殼藻屬及橋彎藻屬(*Cymbella*)。有勝溪春、秋季優勢藻屬與高山溪相同均為曲殼藻屬，但除*A. atomus*為共同優勢種外，在春天高山溪另一優勢種為*A. lanceolata*，有勝溪則為*A. minutissima*，但有勝溪及高山溪在秋、冬季的優勢藻屬是相同的。

藻類豐度經雙向變方分析，發現武陵地區石附生藻類豐度以有勝溪(IV)明顯較桃山北溪上游(I)、七家灣溪(II)及高山溪(III)來得大(表5)；而在季節變化部分，則發現春、冬季時藻類豐度比夏、秋季來得大；在此分析中時間及空間產生交感，其原因是：有勝溪的附生藻類豐度在春、冬時大量暴增較其他區來得高許多，但是在夏季時有勝溪的藻類豐度與其他區域的藻類豐度差異不大。

利用Spearman Correlation 分析影響藻類豐度的環境因子，發現葉綠素a與pH值( $r=0.261$ ,  $p=0.001$ )、導電度( $r=0.394$ ,  $p=0.000$ )及無機氮鹽( $r=0.308$ ,  $p=0.000$ )成正相

表4. 武陵地區溪流石附生藻類時間及空間分布優勢藻種種類

**Table 4.** Percentage contributions of microalgal species to average spatial and temporal similarity of periphyton communities in the Upper Tachia River of the Wulin area

Site \ Season	Taosan North Creek A	Chijaiwan Creek B-F	Kaoshan Creek G-I	Yeashen Creek J-L
Spring	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>
	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>
	<i>Cocconeis pediculus</i>	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.
Summer	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>
	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes minutissima</i>
	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Cocconeis placentula</i>
Fall	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>
	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Achnanthes lanceolata</i>
	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.
Winter	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>
	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Calonis</i> sp.	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.
	<i>Cocconeis pediculus</i>	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Cymbella</i> spp.	<i>Cymbella</i> spp.

表5. 武陵地區藻類生物量空間及時間雙向變方分析表

**Table 5.** Two-way ANOVA of periphyton biomass expressed by chlorophyll-a among four seasons at the four creeks in the Upper Tachia River of the Wulin area (I, Taosan North Creek; II, Chijaiwan Creek; III, Kaoshan Creek; IV, Yeashen Creek)

Sources	DF	F- value	P-value	Separation
Sites	3	23.43	<.0001	IV <sup>a</sup> III <sup>b</sup> II <sup>b</sup> I <sup>b</sup>
Seasons	3	3.43	0.017	Spring <sup>a</sup> Winter <sup>ab</sup> Summer <sup>b</sup> Fall <sup>b</sup>
Site x seasons	9	2.64	0.006	

a and b: significantly different between those with superscript a and those with b (least square means test,  $p < 0.05$ ).

關，與水溫( $r = -0.238$ ,  $p = 0.003$ )成負相關；利用BIOENV來分析武陵地區石附生藻種組成與環境的關係，則發現矽酸鹽及流速為影響藻類群集季節變化之主要因子( $\rho_w = 0.609$ )，而水溫、pH值、導電度、無機氮鹽及矽酸鹽為影響藻類空間分布之主要因子( $\rho_w = 0.548$ )。

## 討 論

本研究樣區內之溪流為大甲溪上游，且溪岸有森林覆蓋，溪中有櫻花鉤吻鮭，溪流中石附生藻類有85%為矽藻，與國外有鮭魚的森林溪流類似，石附生藻類優勢種均為矽藻(Johnston *et al.* 2004)。但本研究發現的矽藻種類較1989年以後各學者所做的調查來得多(Wang 1989；陳 2000)。在矽藻藻種部分，武陵地區溪流藻種以較小型之曲殼藻屬及卵形藻屬為最優勢屬，這對於常受暴雨影響，水量迅速上漲且沖刷增加之上游河川來說是屬於典型的藻屬，因為體型較小的曲殼藻及卵形藻較可以抵抗水流強力的沖刷(Leland and Porter 2000)。

藻類種豐富度及組成會受到許多因子影響，諸如溪流大小、型態、營養鹽、農耕干擾、基質以及植被狀態等(Soininen and Könönen 2004)。桃山北溪雖然為植被良好無任何開發行為地區，但也是桃山登山口，登山行為對於溪流影響尚不清楚；而七家灣溪畔為中度開墾地區，最近幾年各單位將溪東岸之果園廢除，進行原生樹種之人工造林工作；高山溪為完全無開發地區，植被完整且為原始林；有勝溪為重度開墾區，兩岸種植蔬菜；本研究之藻類群集經由MDS分析後，清楚地把這4條溪流分開，表示溪流週邊之人為干擾對於溪流狀況有一定的影響程度。

藻類組成最常受到水中營養鹽之影響(Soininen and Könönen 2004)，不同的藻種對營養鹽類的需求及忍受程度不同，例如曲

殼藻屬大部分對於營養鹽之忍受程度很小，但*A. minutissima*這種曲殼藻卻例外的可忍受高營養鹽環境，屬於優養藻種(Krstic' *et al.* 1997；Kwandrans *et al.* 1997)；在有勝溪有較其他溪流高比例的*A. minutissima* (12.51%)，雖然無法以單一藻種說明水質狀態，但是此結果亦可說明有勝溪是營養鹽較高的溪流。*Oscillatoria*通常出現在營養鹽較多且水流較緩的溪流中，且屬於洪水干擾後會出現之先驅藻屬(Denicola and McIntire 1990a；Stevenson *et al.* 1996)，然而其在營養鹽最高且流速最緩之有勝溪並不是優勢種，反而在七家灣溪之春、夏、冬季出現較多之*Oscillatoria* spp.，原因可能是有勝溪溪流沿岸植被已被砍除，屬開闊溪流，光照強烈，*Oscillatoria* spp.在光照強度高時生長較差(Denicola and McIntire 1990b)，而七家灣溪溪岸仍有植被，鬱閉度較有勝溪高，光強度較弱，且營養鹽濃度又適合*Oscillatoria* spp.生長。總磷濃度愈高則*Cocconeis* sp.增長速度越快(Chételat *et al.* 1999)，本研究由雙向變方分析結果得知，夏、秋季時總磷濃度最高，所以*C. placentula*數量增加，在秋季的桃山北溪及七家灣溪*C. placentula*甚至取代*A. atomus*成為武陵地區溪流最優勢種，但冬天總磷濃度下降後則反而迅速減少。

無機氮鹽升高則藻類豐度亦升高(Rosemond *et al.* 1993；Dodds *et al.* 2002)，且在鬱閉度較低之溪流所測出的葉綠素a含量往往較具完整植被溪流來得高，甚至差異可達到4倍(Hill and Knight 1988；Kiffney and Bull 2000)。在有勝溪畔，因為強度開墾種植蔬菜的原因，使得溪兩岸非常開闊，僅在西岸距溪約50m左右之處有台灣二葉松林，溪東岸則為台七甲線，是以有勝溪之鬱閉度僅52%，明顯較七家灣溪61%及高山溪94%來得低，且有勝溪溪畔大部分為種植蔬菜，保肥力最差且土壤含有較高之可溶性氮肥，經降

雨或灌溉後，營養鹽就沖入溪流中，使得溪中營養鹽增高(陳 1996)。根據本研究測定結果，有勝溪的無機氮鹽濃度明顯較其他溪流高，且石附生藻類生物量亦明顯較高山溪及七家灣溪大，為高山溪及七家灣溪的1-3倍，且在台灣的冬季及梅雨來臨前之3月，有勝溪水量最小且冬季水溫又低，低溫及低水量會使得附生藻類大量增生(Kishi *et al.* 2004)。本區藻類群集組成以矽藻為主，占了85%，藍綠菌10%、綠藻占5%；石附生矽藻群聚組成在空間及時間均有差異，環境因子如導電度、水溫、DIN、水流速在3條溪流間均有明顯差異，與前人研究矽藻種類分布受導電度、水溫、流速等影響類似(Pan *et al.* 1999；Soininen *et al.* 2004；Soininen and Könönen 2004)。

## 結 論

武陵地區各溪流石附生藻類有顯著空間及時間之差異，而藻類組成以矽藻為主，占藻種數量組成80%以上，曲殼藻屬為主要藻屬，且七家灣溪、高山溪、桃山北溪及有勝溪之藻種群集有顯著不同。藻類豐度中以有勝溪最高，且營養鹽含量、水溫亦為最高，與其他溪流有顯著差異。主要影響藻種之時間分布的環境因子是矽酸鹽及流速，而影響藻類空間分布的環境因子主要為水溫、pH值、導電度、無機氮鹽及矽酸鹽。

## 引用文獻

- 汪靜明。1994。子遺的國寶—台灣櫻花鉤吻鮭專集。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 林曜松、張崑雄、曹先紹、楊平世。1988。櫻花鉤吻鮭生態之研究(二)族群分布與環境因子間關係之研究。行政院農業委員會。
- 津田松苗。1962。水生昆蟲學。北隆館。
- 陳亮谷。1996。台灣中度高山土壤中施肥對養分流失之研究。中興大學土壤系碩士論文。
- 陳弘成。2000。武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 賴雪端。1997。台灣本土性底棲藻類作為河川水質生物指標之研究。中興大學植物系博士論文。
- Bennion, H. 1995. Surface-sediment diatom assemblages in shallow artificial, enriched ponds, and implications for reconstructing trophic status. *Diatom Research* 10(1) : 1-19.
- Chételat, J., F. R. Pick, A. Morin and P. B. Hamilton. 1999. Periphyton biomass and community composition in rivers of different nutrient status. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 560-569.
- Denicola, D. M. and C. D. McIntire. 1990a. Effects of substrate relief on the distribution of periphyton in laboratory streams : I . Hydrology. *Journal of Phycology* 26: 624-633.
- Denicola, D. M. and C. D. McIntire. 1990b. Effects of substrate relief on the distribution of periphyton in laboratory streams : II . Interactions with irradiance. *Journal of Phycology* 26: 634-641.
- Dodds, W. K., V. H. Smith and K. Lohman. 2002. Nitrogen and phosphorus relationships to benthic algal biomass in temperate streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 865-

- 874.
- Hill, W. R. and A. W. Knight. 1988. Nutrient and light limitation of algae in two northern California streams. *Journal of Phycology* 24: 125-132.
- Johnston, N. T., E. A. MacIsaac., P. J. Tschaplinski and K. J. Hall. 2004. Effects of the abundance of spawning sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) on nutrients and algal biomass in forested streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 384-403.
- Kiffney, P. M. and J. P. Bull. 2000. Factors controlling periphyton accrual during summer in headwater streams of southwestern British Columbia, Canada. *Journal of Freshwater Ecology* 15: 339-351.
- Kishi, D., M. Murakami, S. Nakano and Y. Taniguchi. 2004. Effects of forestry on the thermal uabitat of Dolly Varden. *Ecological Research* 19: 283-290.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc.
- Krstic', S., Z. Levkov and P. Stojanovski. 1997. Saprobiological characteristics of diatom microflora in river ecosystems in the Republic of Macedonia as a parameter for determination of the intensity of anthropogenic influence. pp. 145-153. *In*: J. Prygiel (ed.). Use of algae for monitoring rivers III. Agence. De. l'Eau. Artois-Picardie.
- Kwandrans, J., P. Eloranta, B. Kawecka and K. Wojtan. 1997. Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. pp. 154-164. *In*: J. Prygiel (ed.). Use of algae for monitoring rivers III. Agence. De. l'Eau. Artois-Picardie.
- Leland, H. V. and S. D. Porter. 2000. Distribution of benthic algae in the upper Illinois River basin in relation to geology and land use. *Freshwater Biology* 44: 279-301.
- Lobban, C. S., D. J. Chapman and B. P. Kremer. 1988. *Experimental phycology : A laboratory manual*. Cambridge University Press.
- Pan, Y., R. J. Stevenson, B. H. Hill, P. R. Kaufmann and A. T. Herlihy. 1999. Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages , stream slope, TP, TN and riparian canopy coverage. *Journey of Phycology* 35: 460-468.
- Rosemond, A. D., P. J. Mulholland and J. W. Elwood. 1993. Top-down and bottom-up control of stream periphyton: Effects of nutrients and herbivores. *Ecology* 74: 1264-1280.
- Soininen, J., R. Paavola and T. Muotka. 2004. Benthic diatom communities in boreal streams: Community structure in relation to environmental and spatial gradients. *Ecography* 27: 330-342.
- Soininen, J. and K. Könönen. 2004. Comparative study of monitoring South-Finnish rivers and streams using macroinvertebrate and benthic diatom community structure. *Aquatic Ecology* 38: 63-75.
- Stevenson, R. J., M. L. Bothwell and R. L. Lowe. 1996. *Algal ecology: Freshwater benthic ecosystem*. Academic Press.
- Sushil, S. D., A. S. Dixit and J. P. Smol. 1999. Lake sediment Chrysophyte scales from the northeastern USA and their relationship to

environmental variables. *Journal of Phycology* 35: 903-918.

Tang, T., K. D. Hoagland and B. D. Eiegfried. 1998. Uptake and bioconcentration of atrazine by selected freshwater. *Environment Toxicol and Chemistry* 17(6): 1085-1090.

Wang, C. M. 1989. Environmental quality and community ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. Ph. D. Dissertation Iowa State University Ames Iowa USA. pp. 138.

Wilby, R. L., L. E. Cranston and E. J. Darby. 1998. Factors governing macrophyte status in Hampshire Chalk stream; implications for catchment management. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management* 12: 179-187.

Wu, J. T. 1986. Relation of change in river diatom assemblages to water pollution. *Botanical bulletin of Academia Sinica* 27: 237-245.